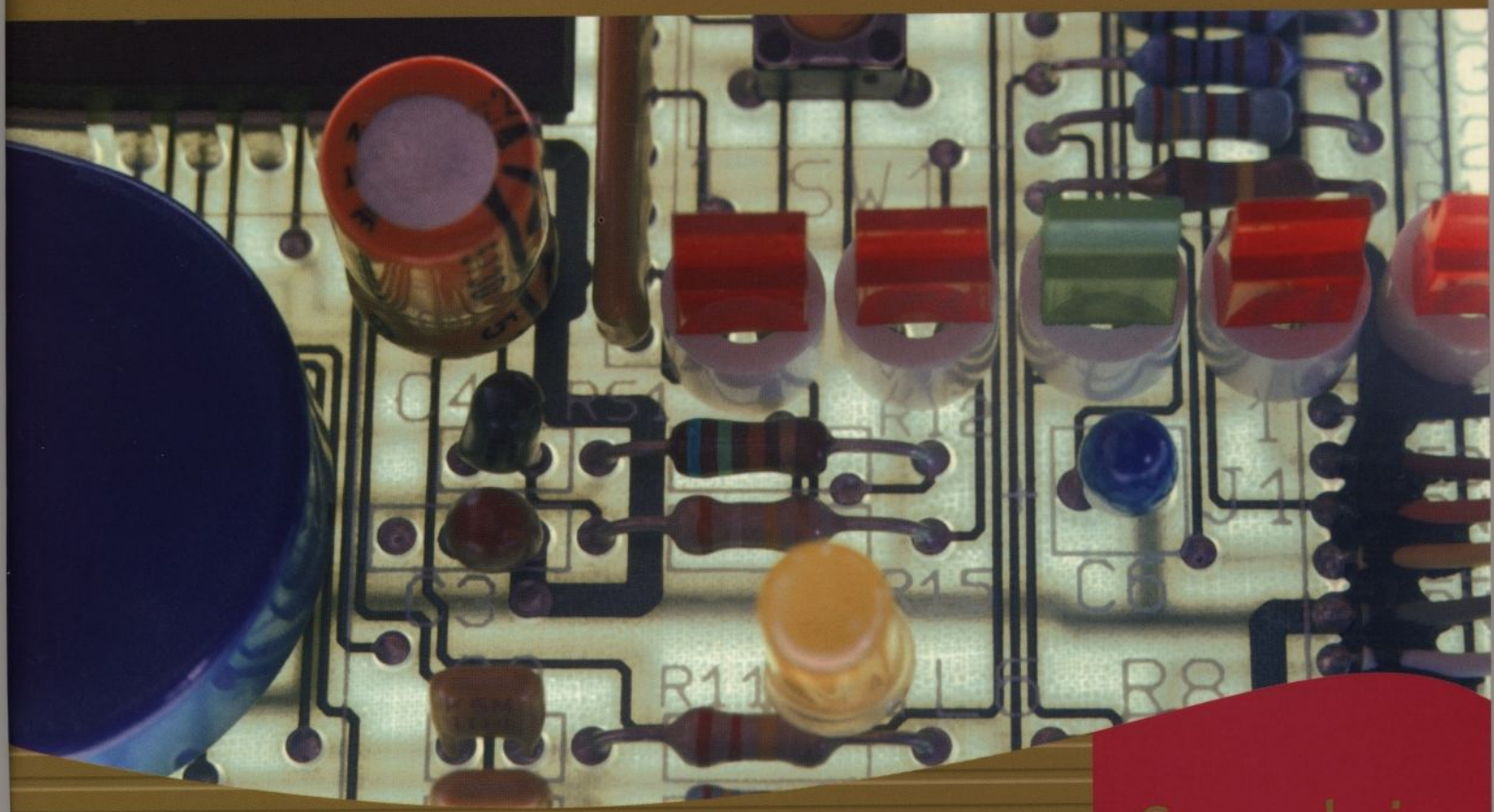
PROYECTO
EXEDRA

Electricidad y electrónica

Tecnología



Secundaria

Oxford
EDUCACIÓN

Índice de contenidos

1 Electricidad. Conceptos básicos 3

2 Magnetismo y electromagnetismo 21

3 Generación de energía eléctrica 29

4 La instalación eléctrica en las viviendas 41

5 Electrónica 55

Anexos

Propuestas de proyectos para el aula taller 83

UNIDADES 1 y 2 84

UNIDADES 3 y 4 88

UNIDAD 5 92

1 Electricidad. Conceptos básicos

Los seres humanos conocen la electricidad desde hace más de 2 000 años. Los griegos sabían que, tras frotar un trozo de ámbar con ciertas pieles de animales, este mineral adquiría la propiedad de atraer objetos ligeros.

La manifestación más espectacular de la electricidad en la naturaleza es el rayo. Ahora bien, a pesar de esta constante presencia de la electricidad, la humanidad no estuvo en condiciones de iniciar su estudio hasta finales del siglo XVIII. Desde entonces han sido muchos los científicos que han contribuido de forma decisiva al desarrollo y al uso generalizado de la electricidad de que gozamos hoy.

En paralelo a esta labor científica se ha desarrollado el trabajo de los ingenieros, que han traducido y aplicado estos conocimientos, creando aparatos y máquinas eléctricas capaces, entre otros logros, de realizar un trabajo físico, proporcionar luz y calor o establecer una comunicación a gran velocidad con otro punto del planeta situado a enorme distancia.

1 ¿Qué es la electricidad?

Líneas de transporte de electricidad.

La electricidad constituye una forma de energía que está presente en casi todas las actividades humanas de una sociedad desarrollada. Gran parte de los aparatos y máquinas que utilizamos funcionan gracias a ella.

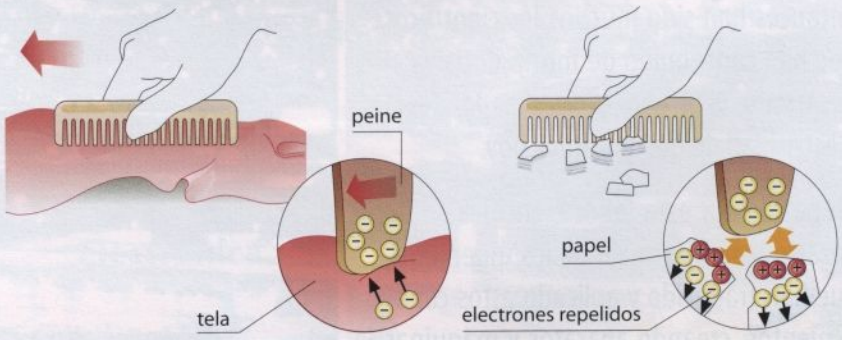
La energía eléctrica se produce en **centrales** u otros centros de generación, a partir de la transformación de una energía primaria (hidráulica, térmica, nuclear, solar, eólica...). Desde dichos centros es transportada a través de las redes eléctricas hasta las ciudades y poblaciones, las industrias y otros centros de consumo. También se obtiene energía eléctrica, aunque en pequeñas cantidades, de la energía química almacenada en pilas y baterías.

Entre sus ventajas cabe mencionar la facilidad con la que se transforma en otras formas de energía, así como la relativa sencillez con la que se genera y se hace llegar hasta los puntos de consumo. Sin embargo, la energía eléctrica no está exenta de inconvenientes: las **centrales térmicas** producen gran cantidad de humos y emisiones contaminantes; en las **nucleares,** a los riesgos de accidentes, potencialmente graves, hay que sumar la generación de un importante volumen de residuos de difícil eliminación; las instalaciones **hidráulicas** alteran profundamente el régimen de los ríos, etcétera.

1.1. Carga eléctrica

Cuando un átomo tiene el mismo número de electrones que de protones, se dice que es eléctricamente **neutro.** Debido a fuerzas externas, los átomos pueden ganar o perder electrones, transformándose en **iones.** Si se produce un exceso de electrones, el átomo queda cargado negativamente (ion negativo); en caso contrario, el átomo queda cargado positivamente (ion positivo). Es posible producir, por frotamiento, un transvase de electrones de ciertos materiales a otros; cuando eso ocurre, el material receptor queda cargado negativamente. Este fenómeno se conoce con el nombre de **electricidad estática.**

En ocasiones, como consecuencia de un aporte de energía externa, se liberan electrones de la última capa (llamada **capa de valencia**), que «fluyen» o se mueven libremente de un átomo a otro. Este fenómeno es conocido como **corriente eléctrica.**

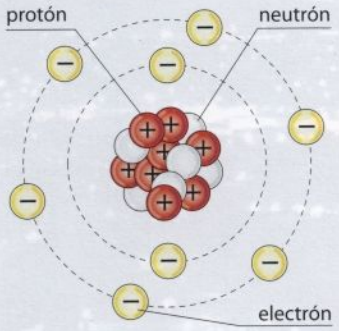


Creación de una carga estática y efecto provocado por la misma.

- La **carga eléctrica** o **cantidad de electricidad** (Q) que posee un cuerpo cargado es el exceso o defecto de electrones que este presenta.
- La unidad de carga es el culombio (C). La carga de un electrón equivale a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Recuerda

- El átomo está formado por un **núcleo** que, a su vez, está compuesto fundamentalmente de neutrones y protones, y por una **corteza** constituida por electrones que giran en distintas órbitas alrededor del núcleo.
- Los **electrones** son partículas cuya energía eléctrica ha sido designada convencionalmente como negativa. Los **protones** tienen la misma cantidad de energía eléctrica que los electrones, pero de signo positivo. Los **neutrones,** en cambio, carecen de energía eléctrica.



Actividades

1. Describe lo que podrías hacer en casa si un día faltara la electricidad. Compáralo con un día normal.
2. ¿Crees que somos «eléctrico-dependientes»? Explica por qué.

Ley de Coulomb

Las cargas eléctricas del mismo signo se repelen, mientras que las de distinto signo se atraen. La **ley de Coulomb** permite cuantificar esta atracción o repulsión entre cargas eléctricas, mediante la siguiente expresión:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

donde F es la fuerza de atracción o repulsión, expresada en newtons (N); d, la distancia de separación de las cargas eléctricas, en metros (m); Q_1 y Q_2, las cargas eléctricas, en culombios (C), y k, una constante, en $N \cdot m^2/C^2$.

1.2. Corriente eléctrica

Se denomina **corriente eléctrica** el desplazamiento continuo de electrones en el interior de un conductor.

La circulación de electrones a través de un circuito eléctrico se produce desde un punto de menor potencial eléctrico (mayor energía) a otro de mayor potencial eléctrico (menor energía). Cabe definir dos sentidos de circulación de la corriente eléctrica: el **sentido real,** que es el que marca la circulación de los electrones desde el polo negativo al polo positivo, y el **sentido convencional,** que es el de circulación de los «huecos» que dejan los electrones en su recorrido, desde el polo positivo al polo negativo.

La estructura atómica de los materiales determina la facilidad con que se desplaza el flujo de electrones. Cabe distinguir estos materiales:

- **Aislantes.** No permiten el paso de la corriente eléctrica (plásticos, vidrio, porcelana, barnices, papel…).
- **Conductores.** Permiten el paso de la corriente eléctrica (platino, plata, cobre, oro, aluminio, cinc…).
- **Semiconductores.** Se comportan como aislantes o como conductores, dependiendo de la energía externa que les apliquemos. El silicio y el germanio constituyen dos ejemplos de este tipo de materiales.

1.3. Circuito eléctrico

Un **circuito eléctrico** es un conjunto de elementos unidos entre sí, a través de los cuales circula la corriente eléctrica produciendo unos efectos determinados.

Los elementos de que consta un circuito eléctrico son:

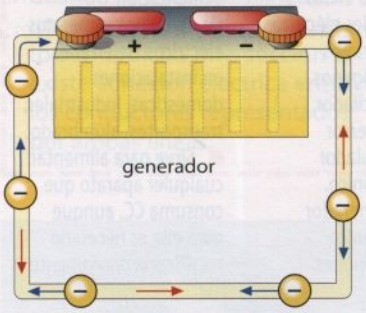
Elemento	Función
Generadores (1)	Producen la diferencia de potencial o tensión que impulsa el flujo de electrones a través del circuito: pilas, baterías, fuentes de alimentación, alternadores…
Receptores (2)	Transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía. Las lámparas, los motores y las resistencias son distintos tipos de receptores.
Conductores (3)	Se encargan de unir todos los elementos del circuito y permitir el paso de la corriente eléctrica. Suelen ser cables de cobre o de aluminio.
Elementos de control (4)	Permiten o impiden el paso de la corriente eléctrica o regulan el modo de funcionamiento del circuito: pulsadores, interruptores, conmutadores…
Elementos de protección (5)	Protegen de los efectos de la electricidad tanto a las personas como las instalaciones: interruptores automáticos magnetotérmicos, diferenciales…

Te interesa saber

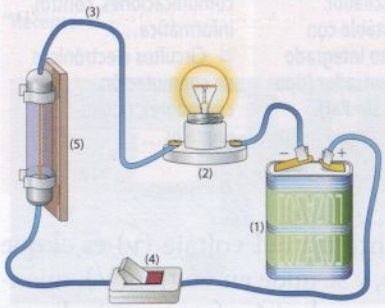
Los **conductores** pueden estar con o sin aislamiento. Se presentan en distintas formas:

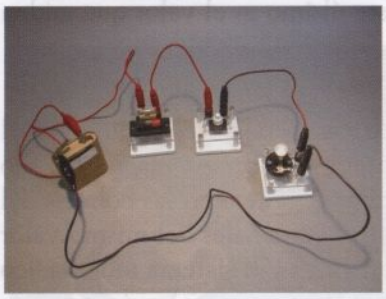
- **Hilo.** Está formado por un solo alambre.
- **Cable** o **cuerda.** Está formado por varios hilos.
- **Filástica.** Está formada por varias cuerdas de hilos muy finos.

Un cable puede ser **flexible,** cuando está compuesto por hilos muy finos que lo dotan de elasticidad, o **rígido,** cuando lo integran hilos gruesos que le proporcionan rigidez.



Sentido real y sentido convencional de la corriente eléctrica.

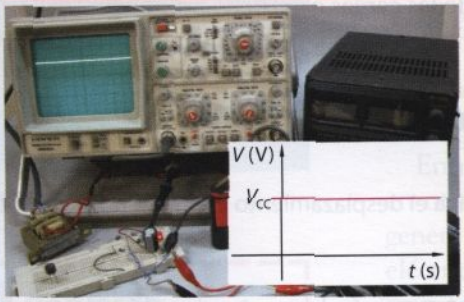
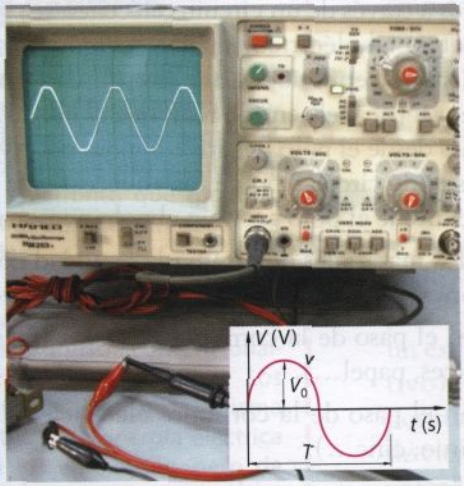
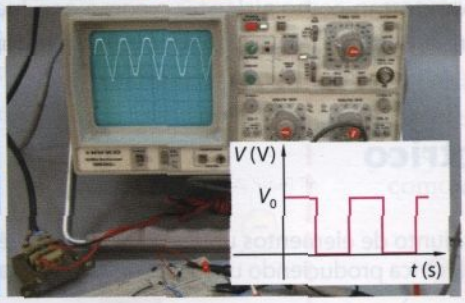




Dibujo de un circuito eléctrico y montaje en el taller.

1.4. Tipos de corriente eléctrica

Los aparatos y máquinas eléctricos que utilizamos consumen energía suministrada normalmente por pilas y baterías o por la red eléctrica. Los distintos tipos de corriente eléctrica junto con las fuentes de suministro correspondientes se resumen en la tabla siguiente:

Tipo	Representación gráfica y visualización en el laboratorio	Características más relevantes y parámetros	Fuentes de suministro	Aplicaciones
Corriente continua (CC)		■ El valor del voltaje es constante en el tiempo: $V = \text{cte.}$ ■ La corriente eléctrica siempre tiene el mismo sentido al recorrer el circuito (los terminales de la fuente de alimentación mantienen la polaridad). **Parámetros:** voltaje (V).	■ Pila. ■ Acumulador. ■ Batería. ■ Fuente de alimentación. ■ Dinamo. ■ Célula fotovoltaica. ■ Célula de hidrógeno.	■ Alimentación de aparatos electrónicos. ■ Tracción eléctrica (coches, tranvías, trenes...). ■ Baños electrolíticos.
Corriente alterna (CA)		■ El valor del voltaje no se mantiene constante en el tiempo. ■ El flujo de electrones se mueve por el circuito eléctrico en un sentido y en otro, pues los terminales de la fuente de alimentación cambian periódicamente de polaridad. ■ Es más fácil de producir y de transportar que la CC. ■ Según el tipo de **señal** eléctrica, hay CA senoidal (la más utilizada), cuadrada, triangular... **Parámetros:** frecuencia[1] (f), período[2] (T), *valores instantáneos de la onda* o señal de voltaje (v), valor máximo (V_0), valor medio (V_m), valor eficaz (V o V_{rms}).	■ Generador de CA o alternador, situado en las centrales eléctricas y en grupos electrógenos. ■ Oscilador. ■ Inversor u ondulador electrónico. ■ Generador electrónico de funciones.	■ Es la más utilizada como fuente de alimentación de máquinas y aparatos eléctricos. Se emplea en instalaciones domésticas, industriales, transportes, alumbrado... ■ Sirve para alimentar cualquier aparato que consuma CC, aunque para ello es necesario **rectificarla** previamente.
Corriente pulsante o periódica		■ El valor del voltaje varía *periódicamente (toma valores* distintos que se repiten a intervalos de tiempo regulares). ■ La corriente eléctrica mantiene el mismo sentido. ■ Hay señales cuadradas, *triangulares, de diente de sierra...* **Parámetros:** los mismos que en el caso de la corriente alterna.	■ Generador *electrónico* de funciones. ■ Oscilador. ■ Astable con circuito integrado temporizador (tipo *555 o similar*).	■ Sistemas digitales (*transmisión* de datos, telefonía, comunicaciones, control, informática...). ■ Circuitos electrónicos de conmutación, *contadores, relojes* digitales...

En la corriente alterna, el valor instantáneo del voltaje (v) es el que toma la señal de tensión en cada instante, y se mide en voltios (V), mientras que el valor eficaz (V o V_{rms}) es el que produciría efectos equivalentes suponiendo que se tratara de una CC. Este último es el valor que miden los voltímetros, y su fórmula es:

$$V = V_0 / \sqrt{2}$$

Los alternadores de las centrales eléctricas tienen tres bobinas en el estator desfasadas 120°. Al girar en su interior un campo magnético fijo producido en la bobina del rotor (inductor), se genera en las bobinas del estator un sistema de fuerzas electromotrices senoidales del mismo valor eficaz y frecuencia, pero desfasadas entre sí 120°. Un **sistema monofásico** de corriente alterna utiliza dos conductores (fase y neutro), mientras que un **sistema trifásico** emplea tres o cuatro (tres fases y un neutro).

[1]**frecuencia:** indica el número de veces que se repite la onda en un segundo; su unidad es el hertzio (Hz).

[2]**período:** es el tiempo que tarda en repetirse un ciclo; se mide en segundos ($T = 1/f$).

2 Simbología eléctrica

Esquemas eléctricos

Un **esquema eléctrico** es una representación gráfica simplificada, ordenada y simbólica del conjunto de elementos que forman parte del circuito eléctrico. Permite reconocerlos e interpretar su funcionamiento con facilidad. Para ello, utiliza códigos y símbolos, regulados a través de una normativa convenida y armonizada por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional).

Te interesa saber

Cuando se cruzan dos líneas en un esquema, se dibuja un punto sobre dicha intersección si existe conexión eléctrica entre los conductores representados por ambas líneas.

Receptores.

Elementos de control.

Generadores o fuentes de alimentación.

Existen organismos encargados de elaborar normas para la correcta identificación e interpretación de los símbolos y esquemas que representan los circuitos e instalaciones eléctricos. Los símbolos más utilizados son:

Elemento	Símbolo		Función o efecto
	Unifilar	Multifilar	
Línea eléctrica.	3 × 2,5 mm²	F, N, T.T.	Permite el paso de la corriente eléctrica.
Caja de derivación.	3		Hace posible la conexión y derivación de líneas. En ella se alojan las regletas o clemas para la conexión de los conductores.
Toma de tierra.			Pica o electrodo en contacto con la tierra, al que están conectados todos los conductores de protección en las instalaciones eléctricas.
Toma de masa.			Punto de contacto con el chasis metálico de los receptores eléctricos; se conecta a tierra a través del conductor de protección.
Pila.	+ −		Genera energía eléctrica a partir de la energía química. Produce una fuerza electromotriz (fem). Es un generador químico de CC.
Batería.	+ −	+ −	Se trata de varias pilas conectadas entre sí en serie o en paralelo. La más frecuente es la asociación en serie.
Generador de CC (dinamos).	+ G −		Produce energía eléctrica a partir de la energía mecánica procedente de la rotación de algún elemento (turbina, rueda…).
Generador monofásico de CA (alternador).	2 G	G	Produce energía eléctrica a partir de la energía mecánica procedente de alguna turbina, motor de combustión interna…
Generador de CA trifásico (alternador trifásico).	3 G 3~	G 3~	El alternador trifásico se instala en centrales y en grupos electrógenos.
Pulsador.			Elemento de control que permite el paso de la corriente eléctrica en un circuito cuando se mantiene pulsado (NA) o sin pulsar (NC).
Interruptor.			Elemento de control que permite o interrumpe de modo alternativo el paso de la corriente eléctrica en un circuito.
Conmutador.			Permite o interrumpe de modo alternativo el paso de la corriente eléctrica en una de las dos direcciones de salida.
Conmutador bipolar o doble.			Su funcionamiento es idéntico al anterior; ahora bien, este dispone de dos circuitos de salida.
Conmutador tipo final de carrera (FC); tipos NC y NA.	NC	NA	Permite el cierre o la apertura de un circuito mediante una presión externa. Se utiliza en circuitos de control automáticos.
Conmutador de cruzamiento o llave de cruce.			Dispone de dos entradas y dos salidas. En una de sus dos posiciones cruza los contactos de entrada y salida; en la otra, no.
Relé.			Interruptor electromagnético que permite el cierre y la apertura de un circuito eléctrico mediante la acción de un electroimán.

Efectos de la corriente eléctrica

Según el tipo de receptor que atraviese, la corriente eléctrica puede producir diferentes efectos al transformarse en otros tipos de energía, que pueden ser:

- **Térmicos.** Al pasar corriente eléctrica por un conductor o por una resistencia, se produce calor (efecto Joule). Este fenómeno es aprovechado en la resistencia de estufas, planchas, tostadoras…
- **Lumínicos.** Cuando la corriente pasa a través de un filamento de wolframio, este incrementa su temperatura de manera notable (2 000 °C) y comienza a emitir luz (incandescencia). También se proyecta luz a través del arco eléctrico en un medio gaseoso de fácil ionización (lámparas fluorescentes, de vapor de sodio…).
- **Mecánicos.** La transformación de energía eléctrica en movimiento se produce en los motores eléctricos: aspiradoras, ventiladores, batidoras…
- **Magnéticos.** Cuando pasa corriente eléctrica por un conductor, se crea un campo magnético a su alrededor, que se puede emplear de diversos modos: motores, electroimanes, relés…
- **Químicos.** La electrolisis consiste en la separación de los elementos de un compuesto químico debida al paso de corriente eléctrica. Los recubrimientos electrolíticos de los metales y la extracción del aluminio constituyen ejemplos de este fenómeno.

Para practicar

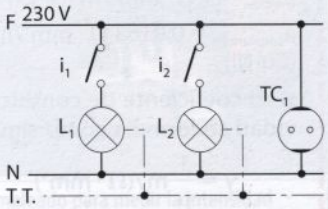
Sumerge dos clavos conectados a los polos de una pila de 9 V en un vaso de agua con sal disuelta. Utiliza una cartulina como soporte de los electrodos. ¿Qué ocurre? Busca información y comenta los resultados obtenidos.

Elemento	Símbolo		Función o efecto
	Unifilar	Multifilar	
Toma de corriente bipolar con toma de tierra (TT).			Permite la conexión de receptores monofásicos a la red de alimentación. La intensidad máxima admisible para el elemento puede ser de 10 A, 16 A o 25 A.
Toma de corriente tripolar con TT.			Permite la conexión de receptores externos a la red trifásica de alimentación.
Lámpara incandescente y lámpara halógena de 12 V.	I	H	Transforman la energía eléctrica en luminosa y térmica (esta última es energía perdida). Las lámparas halógenas de 12 V precisan de un transformador de tensión de 230 V/12 V.
Lámpara de descarga.			Transforma la energía eléctrica en luminosa gracias al paso de la corriente a través de un gas (fluorescentes, vapor de sodio…).
Timbre y zumbador.	T	Z	Transforman la energía eléctrica en sonora. Se utilizan como elementos de alarma o señalización acústica.
Motor de CC y CA (trifásico).	CC	3	Transforma la energía eléctrica en mecánica (rotación de un eje).
Resistencia fija o reostato.			Transforma la energía eléctrica en térmica (calorífica).
Resistencia o reostato variable.			Transforma la energía eléctrica en térmica (calorífica). Permite la variación del valor óhmico mediante un cursor.
Bobina con núcleo de hierro.			Transforma la energía eléctrica en magnética.
Condensador: fijo, variable y electrolítico.			Almacenan carga eléctrica.
Voltímetro y amperímetro.	V	A	Instrumentos de medida que permiten conocer el valor del voltaje y de la intensidad de la corriente, respectivamente.
Óhmetro y vatímetro.	Ω	W	Miden la resistencia eléctrica de un componente y la potencia eléctrica, respectivamente.
Contador de energía activa y reactiva.	kWh A 2 2	kVArh R 2 2	Permite la medición de la energía eléctrica activa o reactiva consumida en una instalación. El representado corresponde a una instalación trifásica.
Fusible.			Interrumpe el paso de la corriente eléctrica cuando se produce una sobreintensidad o un cortocircuito.
Interruptor automático magnetotérmico.			Interrumpe el paso de la corriente cuando se produce una sobreintensidad o un cortocircuito. Se puede rearmar.
Interruptor automático diferencial.			Elemento de protección de las personas contra derivaciones y contactos en las instalaciones.
Descargador de sobretensiones.			Protege las instalaciones de los riesgos derivados de una sobretensión.
Interruptor de control de potencia (ICP).			Interruptor automático magnetotérmico que impide que se consuma por encima de la potencia contratada.

3 Representación de circuitos

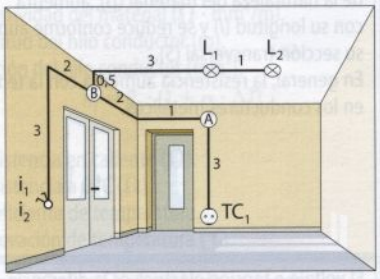
Ya conocemos los símbolos con los que se representan los elementos que forman parte de un circuito eléctrico. A continuación, vamos a ver los distintos sistemas que se emplean para representar dichos circuitos:

- **Representación topográfica.** Consiste en un dibujo en perspectiva de la habitación donde se halla la instalación eléctrica, en el que se muestran los elementos y conducciones que la integran.
- **Representación unifilar.** Permite simplificar la representación de una instalación eléctrica. Se indican los elementos y las canalizaciones que contienen los conductores de enlace entre la alimentación, los elementos de control y los receptores. Sobre la línea que simboliza el tubo o canalización se traza una línea oblicua y al lado se registra el número y la sección de los conductores que contiene. Resulta muy útil en instalaciones complejas.
- **Representación funcional** o **multifilar.** Se utiliza para explicar el funcionamiento y cometido de los elementos que conforman el circuito o instalación eléctricos. Es el más característico de la instalación y el que se emplea con mayor frecuencia para definirla.

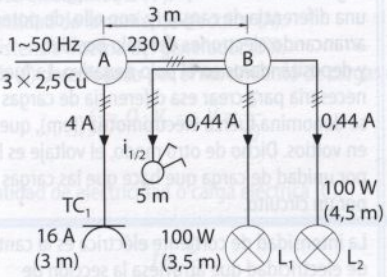


Representación funcional.

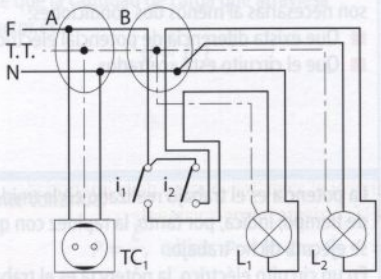
- **Representación circuital.** Muestra los elementos, las canalizaciones, las cajas de derivación, los conductores que intervienen y el modo en que se conectan con las líneas repartidoras, los elementos de control y los receptores. Proporciona la información necesaria para realizar el montaje del circuito, aunque en ocasiones resulta difícil comprender su funcionamiento.



Representación topográfica.



Representación unifilar.



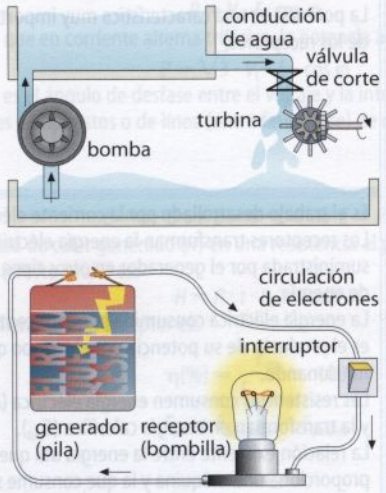
Representación circuital.

4 Magnitudes eléctricas

En los circuitos eléctricos existen una serie de magnitudes básicas (V, I, R, P, E) que permiten entenderlos y cuantificar los efectos que se derivan de su funcionamiento. Antes de iniciar el estudio de dichas magnitudes, realizaremos la comparación entre un circuito eléctrico y uno hidráulico, lo que nos ayudará a entender mejor lo que ocurre en el circuito eléctrico.

En el circuito hidráulico, la corriente de agua va desde el depósito superior al inferior a través de las tuberías, transformándose la energía potencial en energía mecánica en la turbina. Para hacer recircular el agua, es necesario elevarla de nuevo al depósito superior y conseguir que tenga una energía potencial mayor; de este cometido se encarga la bomba, que, a partir de energía eléctrica o química, produce la energía mecánica necesaria para elevar el agua. La válvula nos permitirá regular el flujo de agua.

Un circuito eléctrico necesita un generador (bomba) que proporcione la fuerza electromotriz o energía necesaria para producir electrones libres y generar la corriente eléctrica. Este flujo de electrones se mueve a través de los conductores (tuberías); en el receptor (turbina), la energía eléctrica se transforma en otro tipo de energía (luminosa, mecánica...). El interruptor (válvula) es el elemento de control que permite o impide el paso de corriente.



Comparación entre un circuito hidráulico y uno eléctrico.

Te interesa saber

- El coeficiente de resistividad (ρ) es una característica física de los materiales. Indica la resistencia eléctrica (a una temperatura de 20 °C) por cada metro y milímetro cuadrado de sección del mismo. Los valores más utilizados son los siguientes:

$\rho_{Ag} = 0{,}0163\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{Cu} = 0{,}017\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{Au} = 0{,}024\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{Al} = 0{,}028\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{Sn} = 0{,}12\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{Fe} = 0{,}13\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\rho_{nicrón} = 1\ \Omega \cdot mm^2/m$ (Ni-Cr)

$\rho_{constantán} = 0{,}0163\ \Omega \cdot mm^2/m$ (Cu-Ni)

- El coeficiente de **conductividad** se formula como sigue:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}\ m/(\Omega \cdot mm^2)$$

- La **conductancia** es:

$$G = \frac{1}{R}\ (\Omega^{-1} \text{ o siemens})$$

Te interesa saber

La unidad de carga eléctrica también se puede expresar en amperios por hora (A × h) o en mA × h. Su equivalencia con el culombio es:

$$1\ A \times h = 3\,600\ C$$

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS

Submúltiplos	mili	$10^{-3} \times$ ___	m___
	micro	$10^{-6} \times$ ___	μ___
	nano	$10^{-9} \times$ ___	n___
	pico	$10^{-12} \times$ ___	p___
Múltiplos	kilo	$10^{3} \times$ ___	k___
	mega	$10^{6} \times$ ___	M___

Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición
Resistencia eléctrica	R	Ohmio (Ω) ■ Submúltiplos: $1\ m\Omega = 10^{-3}\ \Omega$ ■ Múltiplos: $1\ k\Omega = 10^{3}\ \Omega$ $1\ M\Omega = 10^{6}\ \Omega$	Es la dificultad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. La resistencia eléctrica de un conductor depende de la naturaleza del material (ρ), aumenta con su longitud (l) y se reduce conforme aumenta su sección transversal (S). En general, la resistencia aumenta con la temperatura en los conductores metálicos.
Voltaje o tensión eléctrica	V	Voltio (V) ■ Submúltiplos: $1\ mV = 10^{-3}\ V$ $1\ \mu V = 10^{-6}\ V$ ■ Múltiplos: $1\ kV = 10^{3}\ V$ $1\ MV = 10^{6}\ V$	El voltaje o tensión eléctrica es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito. El flujo de electrones circula desde el punto de menor al de mayor potencial. El generador es el dispositivo encargado de crear una diferencia de cargas (y, con ello, de potencial), arrancando electrones del polo positivo y depositándolos en el polo negativo. La fuerza necesaria para crear esa diferencia de cargas se denomina fuerza electromotriz (fem), que se mide en voltios. Dicho de otro modo, el voltaje es la energía por unidad de carga que hace que las cargas circulen por un circuito.
Intensidad de corriente eléctrica	I	Amperio (A) ■ Submúltiplos: $1\ mA = 10^{-3}\ A$ $1\ \mu A = 10^{-6}\ A$ $1\ nA = 10^{-9}\ A$ ■ Múltiplos: $1\ kA = 10^{3}\ A$	La intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de electricidad que atraviesa la sección de un conductor eléctrico en la unidad de tiempo. Es una magnitud comparable al caudal de agua que fluye por una tubería (símil hidráulico). Para que haya corriente eléctrica por un circuito, son necesarias al menos dos condiciones: ■ Que exista diferencia de potencial eléctrico. ■ Que el circuito esté «cerrado».
Potencia eléctrica	P	Vatios (W) ■ Submúltiplos: $1\ mW = 10^{-3}\ W$ $1\ \mu W = 10^{-6}\ W$ ■ Múltiplos: $1\ kW = 10^{3}\ W$ $1\ MW = 10^{6}\ W$ Otra unidad de potencia es el caballo de vapor (CV): $1\ CV = 736\ W$	La potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo; indica, por tanto, la rapidez con que se ejecuta dicho trabajo. En un circuito eléctrico, la potencia es el trabajo producido por el desplazamiento de las cargas en la unidad de tiempo. Es la cantidad de energía generada ($\varepsilon \cdot I$) o transformada ($V \cdot I$) en la unidad de tiempo. La potencia es una característica muy importante de los receptores.
Energía eléctrica	E	Julios (J): $1\ julio = 1\ W \cdot s$ Otra unidad de energía es el kilovatio por hora: $1\ kW \cdot h = 3{,}6 \cdot 10^{6}\ J$ La unidad de cantidad de calor es la caloría: $1\ J = 0{,}24\ (cal)$	Es el trabajo desarrollado por la corriente eléctrica. Los receptores transforman la energía eléctrica suministrada por el generador en otros tipos de energía. La energía eléctrica consumida por un receptor es el producto de su potencia por el tiempo que está funcionando. Las resistencias consumen energía eléctrica ($E_{absorbida}$) y la transforman en energía calorífica ($E_{útil}$). La relación existente entre la energía útil que proporciona una máquina y la que consume se denomina rendimiento (η).

Expresiones y relaciones	Instrumentos y métodos de medida

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Donde:
- ρ: resistividad del material ($\Omega \cdot mm^2/m$).
- l: longitud del hilo conductor (m).
- S: sección del hilo conductor (mm^2).

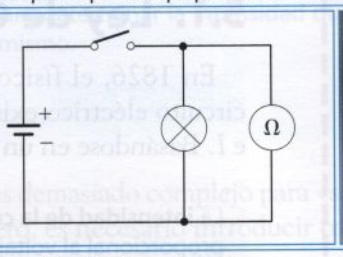
$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

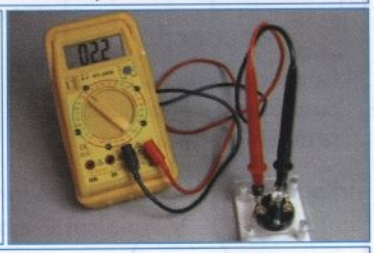
Donde:
- R_T: resistencia en caliente (Ω).
- R_0: resistencia a 0 °C (Ω).
- α: coeficiente de temperatura.
- ΔT: elevación de temperatura (°C).

Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Para determinar la resistencia eléctrica, se utiliza un instrumento llamado óhmetro. Sus terminales (rojo y negro) se conectan en paralelo con la resistencia que desea medirse. La resistencia se debe medir con el circuito en reposo (sin alimentación). Este aparato posee su propia fuente de alimentación (pila).





La tensión o voltaje en los bornes de un generador en funcionamiento (régimen de carga) es:

$$V = \varepsilon - I \cdot R_i$$

Donde:
- ε: fuerza electromotriz (V).
- I: intensidad de la corriente eléctrica (A).
- R_i: resistencia interna del generador (Ω).

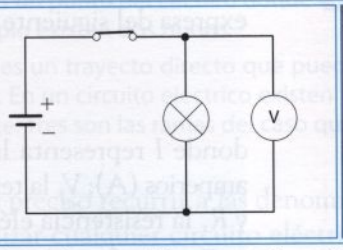
La energía (E) desarrollada por el movimiento de cargas es:

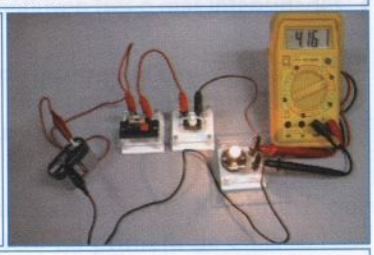
$$E = Q \cdot V \Rightarrow V = \frac{E}{Q}$$

Donde:
- Q: cantidad de electricidad o carga eléctrica (C).

$$V = I \cdot R$$

La tensión eléctrica se determina con un voltímetro. Sus terminales se conectan entre los dos puntos del circuito cuya diferencia de potencial eléctrico se desea medir (conexión en derivación o paralelo).
Este aparato tiene una resistencia interna elevada.





$$I = \frac{Q}{t}$$

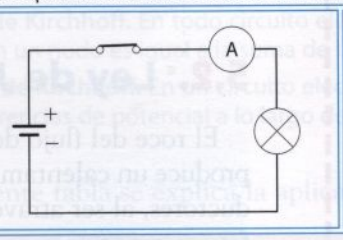
Donde:
- Q: cantidad de electricidad o carga eléctrica (C).
- t: tiempo (s).

Se deduce que la cantidad de carga que atraviesa un conductor es:

$$Q = I \cdot t$$

$$I = \frac{V}{R}$$

El amperímetro es el instrumento de medida empleado para medir la intensidad de la corriente. Sus terminales se intercalan en el conductor, de forma que por el instrumento de medida circula la corriente que se desea medir (conexión en serie).
Este aparato tiene una resistencia interna muy pequeña.



En corriente continua:

$$P = \frac{E}{t}, \text{ o bien } P = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

Donde:
- E: energía eléctrica (J).
- t: tiempo (s).

En corriente alterna monofásica, la potencia activa es:

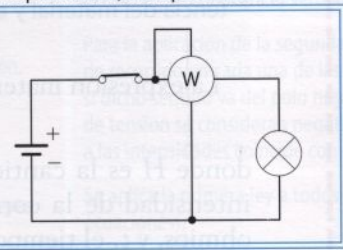
$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

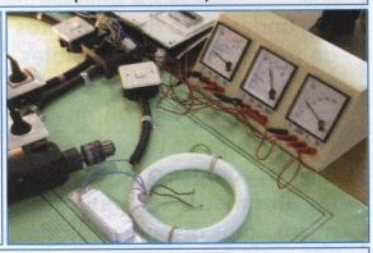
mientras que en corriente alterna trifásica, la potencia activa es:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

donde φ es el ángulo de desfase entre el voltaje y la intensidad, y V_L e I_L, los valores compuestos o de línea (entre fase y fase) de dichas magnitudes.

Para medir la potencia, se utiliza un instrumento de medida llamado vatímetro. Está dotado de cuatro terminales: dos para la bobina amperimétrica (que deberá conectarse en serie) y otros dos para la bobina voltimétrica (que deberá conectarse en paralelo o derivación).
En CC también puede realizarse la medida con un voltímeto y un amperímetro independientes, multiplicando la lectura de ambos para obtener la potencia.





$$E = V \cdot Q \Rightarrow E = V \cdot I \cdot t \Rightarrow E = P \cdot t$$

La cantidad de calor generado (H) en una resistencia al paso de la corriente eléctrica (efecto Joule) es:

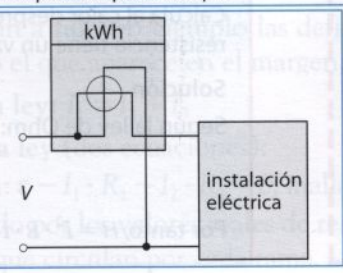
$$H = P \cdot t \cdot 0{,}24 \text{ (cal)}$$

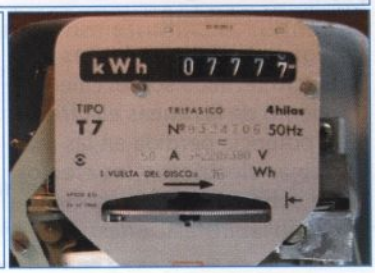
El rendimiento de un receptor es:

$$\eta(\%) = \frac{E_{útil}}{E_{absorbida}} \cdot 100$$

$$E_{útil} = E_{absorbida} - E_{perdida}$$

El aparato que mide la energía eléctrica consumida es el contador. Se conecta exactamente igual que un vatímetro. Se trata de un motor que realiza el producto de la potencia por el tiempo.





5 Leyes fundamentales de la electricidad

5.1. Ley de Ohm

En 1826, el físico alemán **Georges Simon Ohm** observó que en un circuito eléctrico existía una relación entre las magnitudes eléctricas R, V e I. Basándose en un experimento, Ohm estableció lo siguiente:

La **intensidad de la corriente eléctrica** que recorre un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado en sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia que dicho circuito presenta al paso de la corriente eléctrica.

Este enunciado se conoce como la **ley de Ohm** y matemáticamente se expresa del siguiente modo:

$$I = \frac{V}{R}$$

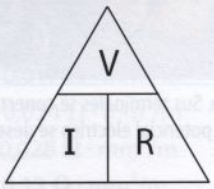
donde I representa la intensidad de la corriente eléctrica, expresada en amperios (A); V, la tensión, voltaje o diferencia de potencial, en voltios (V), y R, la resistencia eléctrica del circuito, en ohmios (Ω).

De esta fórmula se pueden deducir las siguientes expresiones:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{y} \quad V = I \cdot R$$

Recuerda

Para recordar la ley de Ohm, te puede ayudar la siguiente figura mnemotécnica:



5.2. Ley de Joule

El roce del flujo de cargas eléctricas (electrones libres) con los átomos produce un calentamiento del material. Por ello, todos los materiales conductores, al ser atravesados por una corriente eléctrica, se calientan. Este fenómeno se conoce como **efecto Joule,** en honor del físico inglés James Prescott Joule, que lo investigó y enunció del siguiente modo:

La cantidad de calor producida por el paso de la corriente eléctrica a través de cierto material depende de tres factores: la intensidad de la corriente, la resistencia del material y el tiempo durante el cual está pasando dicha corriente.

La expresión matemática de la ley de Joule es la siguiente:

$$H = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0{,}24$$

donde H es la cantidad de calor generado, expresada en calorías; I, la intensidad de la corriente eléctrica, en amperios; R, la resistencia, en ohmios, y t, el tiempo, en segundos.

Te interesa saber

Algunas aplicaciones del **efecto** térmico son las siguientes:

- **Generación de calor** mediante resistencias preparadas para transformar la energía eléctrica en calor. Como ejemplos cabe citar las estufas, las placas de cocina, los soldadores de estaño, etcétera.
- **Generación de luz** al atravesar la corriente un filamento resistivo de tungsteno, que alcanza los 2 000 °C, con lo que se pone incandescente.
- **Fundamento de elementos de protección,** como **fusibles,** formados por un hilo conductor de menor sección que los conductores de la línea que se quiere proteger, o **interruptores automáticos magnetotérmicos,** que disponen de dos sistemas de apertura en caso de sobrecarga: uno térmico y el otro magnético (relé de sobreintensidad).

Algunos **inconvenientes** del efecto térmico son el calentamiento de las líneas eléctricas, la potencia perdida en las máquinas eléctricas y los efectos de sobrecargas y cortocircuitos en las instalaciones.

Ejemplo

Calcula el calor desprendido por un horno eléctrico que funciona a 230 V, cuya resistencia tiene un valor de 21,16 Ω, y que está encendido durante 25 min.

Solución

Según la ley de Ohm:

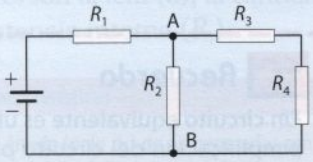
$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{230}{21{,}16} = 10{,}87 \text{ A}$$

Por tanto, $H = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0{,}24 = (10{,}87)^2 \cdot 21{,}16 \cdot (25 \cdot 60) \cdot 0{,}24 \cong 900$ kcal

5.3. Leyes de Kirchhoff

Reflexiona

Observa el siguiente circuito e intenta aplicar la ley de Ohm para determinar la intensidad que circula por el mismo.



El circuito es demasiado complejo para «solucionarlo» con la ley de Ohm sin más. Primero, es necesario introducir tres definiciones:

- Una **malla** es cualquier recorrido eléctrico cerrado. El circuito representado tiene dos mallas.
- Un **nudo** es un punto del circuito donde confluyen tres o más intensidades. En el ejemplo existen dos nudos.
- Una **rama** es un trayecto directo que puede recorrer una intensidad entre dos nudos. En un circuito eléctrico existen tantas ramas como intensidades de corriente. Tres son las ramas del caso que nos ocupa.

También es preciso recurrir a las denominadas **leyes de Kirchhoff,** que permiten analizar cualquier circuito eléctrico. La primera de ellas se basa en el principio de conservación de la carga, y la segunda, en el de conservación de la energía. El enunciado de ambas leyes es el siguiente:

Primera ley de Kirchhoff. En todo circuito eléctrico, la suma de las corrientes que entran en un nudo es igual a la suma de las que salen.

Segunda ley de Kirchhoff. En un circuito eléctrico, se cumple que la suma de todas las diferencias de potencial a lo largo de una malla es igual a 0.

En la siguiente tabla se explica la aplicación de las leyes de Kirchhoff:

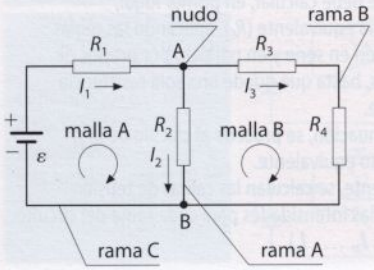
Acción	Tarea específica
Asignación del sentido de las intensidades, de las fem y de las caídas de tensión.	Se marcan los nudos, las mallas, las intensidades, las caídas de tensión en los receptores y las fem de los generadores.
	Se asigna un sentido provisional a las intensidades (una vez resuelto el cálculo, se conocerá el verdadero sentido de las mismas).
	Para la aplicación de la segunda ley, se establece un sentido arbitrario de recorrido en cada una de las mallas. Las fem se consideran positivas si dicho sentido va del polo negativo al positivo, mientras que las caídas de tensión se consideran negativas si el sentido asignado a las intensidades coincide con el sentido asignado al recorrido.
Aplicación de las leyes y obtención de las ecuaciones que hay que resolver.	Se aplica la primera ley a todos los nudos menos a uno (para no repetir ecuaciones).
	Se aplica la segunda ley a todas las mallas. El número de ecuaciones será: n.º de ecuaciones = n.º de ramas − (n.º de nudos − 1)

Si se aplican a nuestro ejemplo las definiciones estudiadas, resulta un circuito como el que aparece en el margen, en el cual se cumple que:

- **Primera ley:** $I_1 = I_2 + I_3$
- **Segunda ley** (dos ecuaciones):

  Malla A: $\varepsilon - I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 = 0$; malla B: $I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 - I_3 \cdot R_4 = 0$.

Sustituyendo por los valores reales de resistencias y fem, se obtienen las intensidades que circulan por cada rama.



El cortocircuito

Es un accidente que se puede producir en un circuito eléctrico o en una instalación como consecuencia de la falta de resistencia, y que provoca una sobreintensidad muy grande.

$$R \cong 0 \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0} = \infty \text{ A}$$

El aumento térmico originado por esta avería puede resultar muy peligroso (riesgo de incendio).

Te interesa saber

Para resolver circuitos eléctricos en los que únicamente existe una red de resistencias, basta con aplicar la ley de Ohm y seguir los procedimientos que se analizan en el epígrafe 6. Sin embargo, la resolución de circuitos complejos en los que hay varios generadores y receptores interconectados requiere **métodos específicos,** como las leyes de Kirchhoff, el método de las corrientes de malla, el de las tensiones en los nudos, el teorema de Thévenin y el de Norton, entre otros.

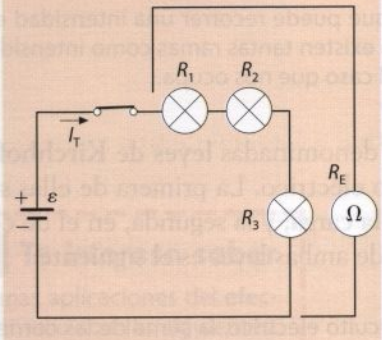
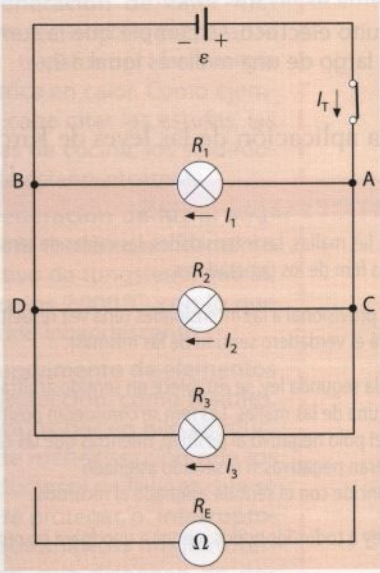
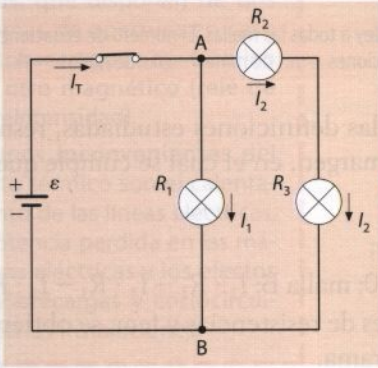
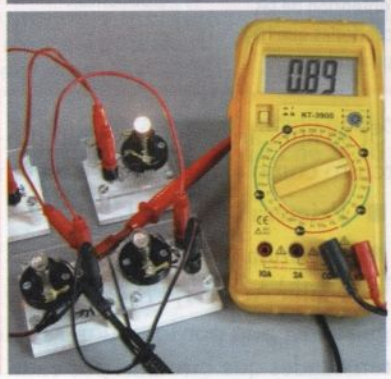
6 Asociación de componentes en un circuito

Recuerda

Un **circuito equivalente** es una simplificación del circuito primitivo que produce los mismos efectos que aquel en su conjunto y que nos permite realizar el cálculo del mismo de forma más sencilla.

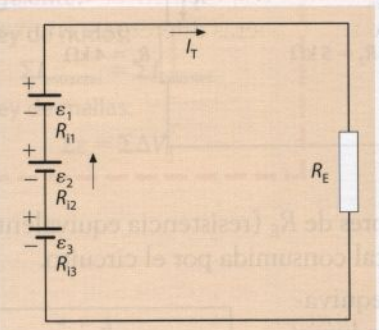
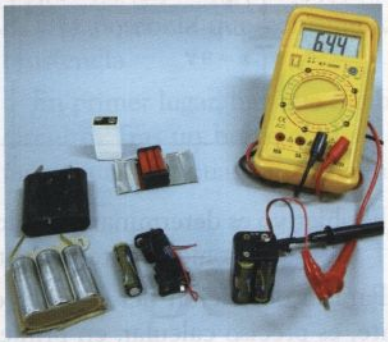
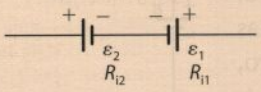
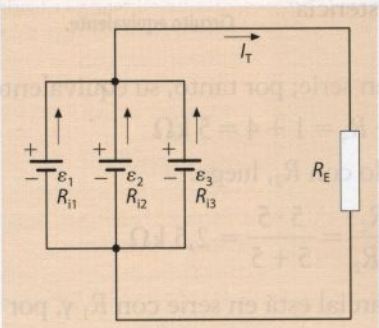
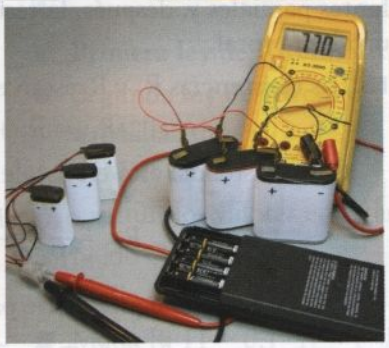
Como ya hemos visto, para formar un circuito eléctrico sencillo, necesitamos, entre otros componentes, un generador, un elemento de control y un receptor. Si se tienen varios generadores, elementos de control y/o receptores, es posible disponerlos de tres maneras diferentes: en una conexión o **asociación en serie,** en una conexión o **asociación en paralelo** o derivación, y en una conexión o **asociación mixta.**

6.1. Asociación de resistencias

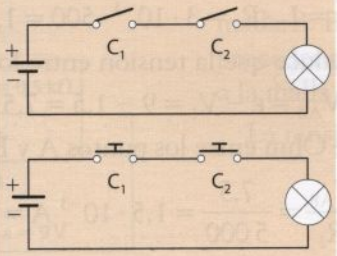
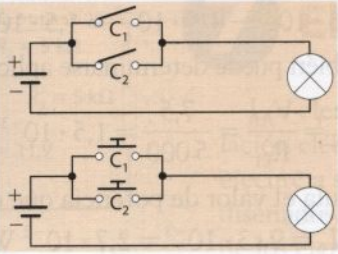
Tipo	Esquema	Montaje	Expresiones y características
Conexión en serie			■ Los receptores se conectan formando una cadena (uno a continuación de otro). ■ La resistencia total o equivalente (R_E) es: $R_E = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$ ■ Por todos los receptores pasa la misma intensidad: $I_T = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$ ■ Los receptores se reparten la tensión del generador de modo proporcional a su resistencia. La tensión total es igual a la suma de las distintas caídas de tensión: $\varepsilon = V_1 + V_2 + \ldots + V_n$ (suponiendo $R_i = 0$) donde: $V_1 = I \cdot R_1, V_2 = I \cdot R_2, \ldots, V_n = I \cdot R_n$ ■ Cuando falla uno de los receptores, todo el circuito queda interrumpido.
Conexión en paralelo o derivación			■ Los terminales homólogos de los receptores se conectan entre sí. ■ La resistencia equivalente del circuito se determina mediante la siguiente expresión: $\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$ Para dos resistencias, la expresión se simplifica así: $R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ ■ Todos los receptores reciben la misma tensión, es decir, la que suministra el generador: $\varepsilon = V_1 = V_2 = \ldots = V_n$ (suponiendo $R_i = 0$) ■ La corriente total (I_T) que suministra el generador se reparte por cada una de las ramas de la asociación: $I_T = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$ donde: $I_1 = \varepsilon / R_1, \ldots, I_n = \varepsilon / R_n$ e $I_T = \varepsilon / R_E$ ■ Cuando falla uno de los receptores, el resto puede seguir funcionando.
Conexión mixta			■ Se trata de una combinación de los dos tipos de conexión anteriores. ■ Se resuelve recurriendo a un circuito equivalente. Para ello, se debe calcular, en primer lugar, la resistencia equivalente (R_E), aplicando las reglas de asociación en serie y en paralelo por grupos de resistencias, hasta que quede una sola resistencia equivalente. ■ A continuación, se procede al cálculo de la I_T en el circuito equivalente. ■ Finalmente, se calculan las caídas de tensión parciales y las intensidades para cada rama del circuito original ($I_1, I_2, \ldots, I_n$).

6.2. Asociación de pilas y acumuladores

Al igual que ocurre con los receptores, es posible asociar generadores. Las características principales de los generadores son la fem (ε), la cantidad total de electricidad que suministran y su resistencia interna (R_i).

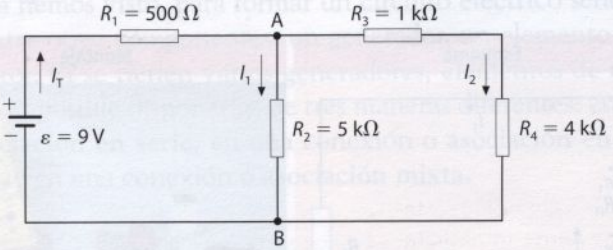
Tipo	Esquema	Montaje	Expresiones y características
Conexión en serie			■ Se conecta el ánodo (polo +) de un generador con el cátodo (polo −) del siguiente, y así sucesivamente. ■ Se utiliza para aumentar la tensión de salida. ■ La fem del conjunto es la suma de las fem de cada uno de los generadores: $\varepsilon_T = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots + \varepsilon_n$ ■ La intensidad de la corriente eléctrica es la misma en todos los generadores. ■ La resistencia interna es igual a la suma de las resistencias internas de cada uno de los generadores: $R_{iT} = R_{i1} + R_{i2} + \ldots + R_{in}$ ■ Se emplea en baterías de acumuladores.
Conexión serie en oposición			■ En el montaje de la figura se cumple lo siguiente: $\varepsilon_T = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$ ■ La intensidad de la corriente eléctrica es la misma en todos los generadores. ■ Este tipo de montaje se da con poca frecuencia.
Conexión en paralelo o derivación			■ Se conectan los ánodos de todos los generadores y, separadamente, los cátodos. ■ Se utiliza para prolongar la duración de la corriente de salida, manteniendo la tensión constante. ■ Todos los generadores deben tener la misma fem para evitar corrientes circulatorias entre ellos: $\varepsilon_T = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \ldots = \varepsilon_n$ ■ Para que todos los generadores aporten la misma corriente, además de tener la misma fem, sus resistencias internas deberán ser iguales. ■ La intensidad que proporciona el conjunto es la suma de las que suministran todos los generadores.

6.3. Asociación de interruptores y pulsadores

Tipo	Esquema	Tabla de verdad	Características
Conexión en serie (equivalente a la función lógica Y)		C_1 | C_2 | R 0 | 0 | 0 0 | 1 | 0 1 | 0 | 0 1 | 1 | 1 C_1 y C_2: elementos de control. R: resultado. 0, 1: contacto abierto/cerrado.	■ Cuando se conectan varios interruptores o pulsadores NA (en reposo: contacto abierto) en serie, es necesario accionarlos todos para que el circuito esté cerrado. Basta con que haya uno sin accionar para que el circuito quede abierto. ■ Una vez accionado un interruptor, para que deje de pasar corriente eléctrica a través de él, es preciso accionarlo de nuevo. El pulsador deja pasar corriente eléctrica mientras se mantiene presionado (NA).
Conexión en paralelo o derivación (equivalente a la función lógica O)		C_1 | C_2 | R 0 | 0 | 0 0 | 1 | 1 1 | 0 | 1 1 | 1 | 1	■ Cuando hay varios interruptores o pulsadores conectados en paralelo, el circuito eléctrico se puede cerrar desde cualquiera de ellos.

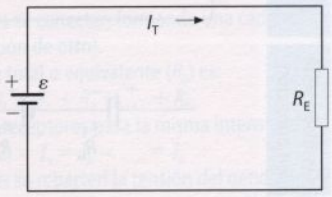
6.4. Ejemplos de resolución de circuitos

A continuación, se muestra la resolución del circuito mixto de la figura, aplicando la ley de Ohm y los criterios expuestos en el apartado anterior.



El objetivo es determinar los valores de R_E (resistencia equivalente), I_T, I_1, I_2 y V_{AB}, así como la potencia total consumida por el circuito.

Para la obtención del circuito equivalente, es preciso calcular, en primer lugar, el valor de R_E. Para ello, analizaremos el tipo de agrupamiento de las resistencias que se encuentran en el circuito. Primero, se obtiene el valor de las resistencias equivalentes parciales y, después, la resistencia equivalente total.



Circuito equivalente.

- Las resistencias R_3 y R_4 están en serie; por tanto, su equivalente será:

$$R_{E1} = R_3 + R_4 = 1 + 4 = 5\ k\Omega$$

Esta resistencia está en paralelo con R_2, luego:

$$R_{E2} = \frac{R_{E1} \cdot R_2}{R_{E1} + R_2} = \frac{5 \cdot 5}{5 + 5} = 2{,}5\ k\Omega$$

Esta resistencia equivalente parcial está en serie con R_1 y, por tanto:

$$R_E = R_1 + R_{E2} = 500 + 2\,500 = 3\,000\ \Omega$$

- Aplicando la ley de Ohm en el circuito equivalente:

$$I_T = \frac{\varepsilon}{R_E} = \frac{9}{3\,000} = 3 \cdot 10^{-3}\ A = 3\ mA$$

- Para proceder al cálculo de las intensidades parciales, se determina primero la caída de tensión que se produce en R_1:

$$V_1 = I_T \cdot R_1 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 1{,}5\ V$$

De lo anterior se deduce que la tensión entre los puntos A y B será:

$$V_{AB} = \varepsilon - V_1 = 9 - 1{,}5 = 7{,}5\ V$$

Aplicando la ley de Ohm entre los puntos A y B, se obtiene:

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{7{,}5}{5\,000} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\ A = 1{,}5\ mA$$

Por otra parte, sabemos que en el nudo A se cumple lo siguiente:

$$I_2 = I_T - I_1 = 3 \cdot 10^{-3} - 1{,}5 \cdot 10^{-3} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\ A = 1{,}5\ mA$$

Esta intensidad también puede determinarse aplicando la ley de Ohm:

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_{E1}} = \frac{7{,}5}{5\,000} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\ A$$

- Finalmente, se calcula el valor de potencia que consume el circuito:

$$P_T = V_T \cdot I_T = 9 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 2{,}7 \cdot 10^{-2}\ W = 27\ mW$$

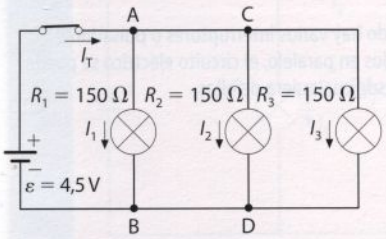
Te interesa saber

Los **polímetros** o **multímetros** son los instrumentos de medida más utilizados en electricidad. Permiten realizar mediciones de tensión, intensidad y resistencia (entre otras magnitudes) en cualquier circuito eléctrico o electrónico. Pueden ser analógicos o digitales.

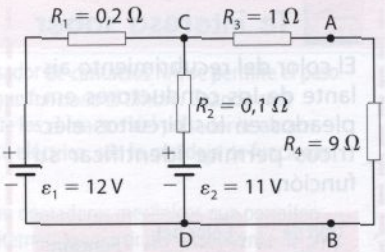
Actividades

3 Determina la potencia consumida por el circuito del ejemplo de un modo diferente al que aparece en el texto.

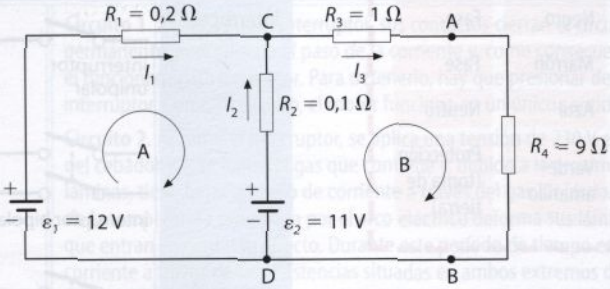
4 Dibuja el circuito equivalente al de la figura y calcula la resistencia equivalente, la intensidad total y las intensidades parciales, la potencia total y la energía consumida en 30 s.



Vamos a resolver ahora este otro circuito eléctrico, aplicando en esta ocasión las leyes de Kirchhoff. Se trata de determinar los valores de las intensidades que circulan por las distintas ramas, la diferencia de potencial en los extremos de la resistencia R_4 y la potencia que consume dicha resistencia.



En primer lugar, hay que establecer las ramas, los nudos y las mallas del circuito. Tras un breve análisis del mismo, resulta la disposición que se muestra a continuación, y que nos permite aplicar las leyes de Kirchhoff:



- **Primera ley de Kirchhoff:** $I_1 + I_2 = I_3$
- **Segunda ley de Kirchhoff** (suponemos que R_{i1} y R_{i2} son nulas):
  - Malla A: $\varepsilon_1 - I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 - \varepsilon_2 = 0$
  - Malla B: $\varepsilon_2 - I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 - I_3 \cdot R_4 = 0$

Al sustituir los valores en estas expresiones, se obtiene:

- Nudo C: $I_1 + I_2 = I_3$
- Malla A: $12 - 0{,}2 \cdot I_1 + 0{,}1 \cdot I_2 - 11 = 0$
- Malla B: $11 - 0{,}1 \cdot I_2 - 1 \cdot I_3 - 9 \cdot I_3 = 0$

Se trata, pues, de un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas, que, una vez resuelto, proporciona los siguientes resultados:

$$I_1 = 3{,}71\ \text{A} \qquad I_2 = -2{,}58\ \text{A} \qquad I_3 = 1{,}13\ \text{A}$$

El resultado negativo de I_2 indica que el sentido de esta intensidad es el opuesto al que se le asignó en el circuito de la figura. Por tanto, se puede concluir que el segundo generador (ε_2) no está aportando energía a la malla B. Por el contrario, está tomando una corriente de carga de 2,58 A procedente del primer generador (ε_1). Este también está suministrando a la malla B una corriente de 1,13 A (I_3).

La tensión en los bornes de R_4 y su potencia de consumo serán:

$$V_{AB} = I_3 \cdot R_4 = 1{,}13 \cdot 9 = 10{,}17\ \text{V}$$
$$P_4 = V_{AB} \cdot I_3 = 10{,}17 \cdot 1{,}13 = 11{,}5\ \text{W}$$

7 Elementos de control

Los elementos de control están presentes en cualquier circuito o instalación eléctrica y sirven para poder gobernarlos, es decir, para que el usuario ejecute a su voluntad las funciones y operaciones para las cuales han sido diseñados. En la tabla de la página siguiente se resumen las características de los elementos de control básicos y se muestran algunos ejemplos.

Te interesa saber

Una manera alternativa de expresar las leyes de Kirchhoff es la siguiente:

- Ley de nudos:

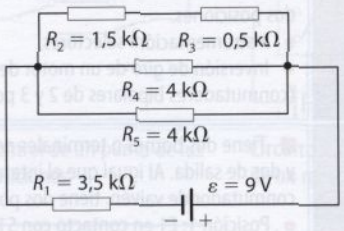
$$\Sigma I_{entrantes} = \Sigma I_{salientes}$$

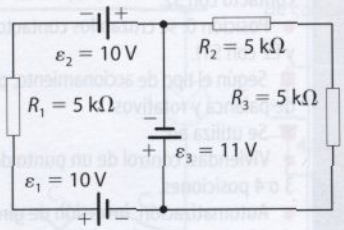
- Ley de mallas:

$$\Sigma \varepsilon = \Sigma \Delta V_R$$

Actividades

5 Observa los siguientes circuitos y determina las intensidades que circulan por las distintas ramas.





Te interesa saber

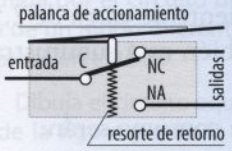
El color del recubrimiento aislante de los conductores empleados en los circuitos eléctricos permite identificar su función:

Tipo de circuito	Color del aislante	Función
Corriente continua	Rojo	Positivo
	Negro	Negativo
Corriente alterna	Gris	Fase
	Negro	Fase
	Marrón	Fase
	Azul	Neutro
	Verde-amarillo	Protección (toma de tierra)

Finales de carrera

El microinterruptor final de carrera es, en realidad, un conmutador que dispone de dos contactos de salida: uno que (en reposo) está normalmente cerrado (NC) y otro que se encuentra normalmente abierto (NA). Se utiliza en sistemas automáticos y circuitos de control de elementos en movimiento, como ascensores, cintas transportadoras, mecanismos deslizantes…

En su interior incorpora un resorte que hace retornar los contactos a su posición inicial una vez que cesa la presión que se ejerce sobre la palanca.



Te interesa saber

Los **selectores** son conmutadores múltiples que tienen una única entrada y diversas salidas. También existen selectores que permiten cambiar las entradas y salidas (cada entrada tiene asignada una salida o salidas diferentes).

Elemento		Símbolo	Imagen	Características, tipos y aplicaciones
Pulsador		pulsador NA pulsador NC		■ Actúa al ser presionado dejando pasar la corriente (NA) o impidiendo su paso (NC). Al cesar la presión, vuelve a su posición inicial. ■ Tipos: • Según el estado inicial de sus contactos: NA (pulsador de marcha) o NC (pulsador de parada). • Según su constitución: de retorno por resorte o por membrana. ■ Se utiliza en el accionamiento de timbres y zumbadores, máquinas herramientas, teclados diversos (ordenadores, mandos a distancia…).
Interruptor		interruptor unipolar interruptor bipolar interruptor tripolar interruptor tipo pulsador	GSM 175	■ Al ser pulsado, permite o impide de forma permanente el paso de la corriente eléctrica por un circuito, hasta que es accionado de nuevo. Tiene dos posiciones: • Abierto: no deja pasar la corriente (0). • Cerrado: deja pasar la corriente (1). ■ Tipos: • Según el modo de accionamiento: de palanca, de pulsador con enclavamiento, de botón rotativo, de botón deslizante, *reed*. • Según el número de circuitos que cierran o abren al mismo tiempo: unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares. ■ Se utiliza en: • Viviendas: control de un punto de luz desde una posición. • Electrodomésticos. • Máquinas herramientas. • Encendido y apagado de la alimentación de equipos electrónicos.
Conmutador	Conmutador de dos posiciones (vaivén) y conmutador selector	conmutador unipolar conmutador doble o bipolar conmutador rotativo (selector)		■ Permite desviar la corriente eléctrica que entra por el contacto común hacia una de las diversas salidas que tiene. ■ Tipos: • Según el modo de accionamiento: de palanca, de botón rotativo (selectores), de botón deslizante. • Según el número de estados de sus contactos: de dos posiciones, de tres posiciones, múltiples. • Según el número de circuitos que conmutan: unipolares, bipolares. ■ Se utiliza en: • Viviendas: control de un punto de luz desde dos posiciones. • Instrumentación: selectores. • Inversión de giro de un motor de CC (conmutadores bipolares de 2 y 3 posiciones).
Conmutador	Conmutador de cruzamiento o llave de cruce	entrada 1 salida 1 entrada 2 salida 2		■ Tiene dos bornes o terminales de entrada y dos de salida. Al igual que el interruptor y el conmutador de vaivén, tiene dos posiciones: • Posición 1: E1 en contacto con S1 y E2 en contacto con S2. • Posición 0: se cruzan los contactos (E1 con S2 y E2 con S1). ■ Según el tipo de accionamiento, pueden ser de palanca y rotativos. ■ Se utiliza en: • Viviendas: control de un punto de luz desde 3 o 4 posiciones. • Automatización: inversión de giro en motores de CC e inversores de polaridad.

Te interesa saber

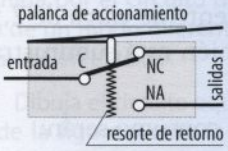
El color del recubrimiento aislante de los conductores empleados en los circuitos eléctricos permite identificar su función:

Tipo de circuito	Color del aislante	Función
Corriente continua	Rojo	Positivo
	Negro	Negativo
Corriente alterna	Gris	Fase
	Negro	Fase
	Marrón	Fase
	Azul	Neutro
	Verde-amarillo	Protección (toma de tierra)

Finales de carrera

El microinterruptor final de carrera es, en realidad, un conmutador que dispone de dos contactos de salida: uno que (en reposo) está normalmente cerrado (NC) y otro que se encuentra normalmente abierto (NA). Se utiliza en sistemas automáticos y circuitos de control de elementos en movimiento, como ascensores, cintas transportadoras, mecanismos deslizantes…

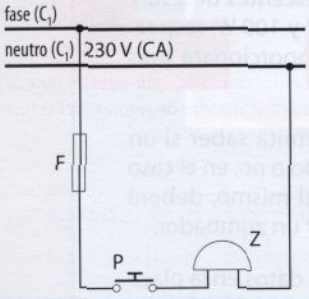
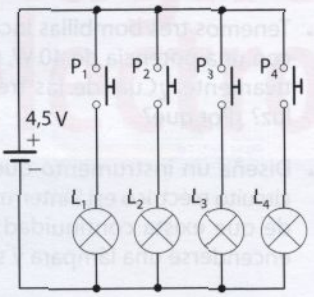
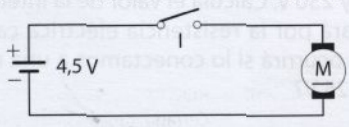
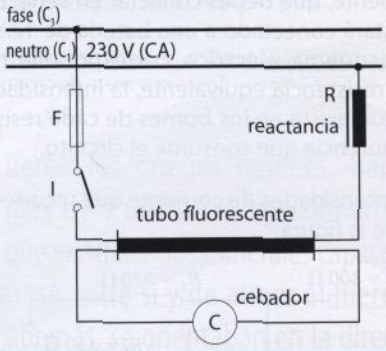
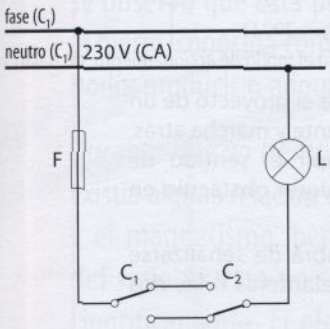
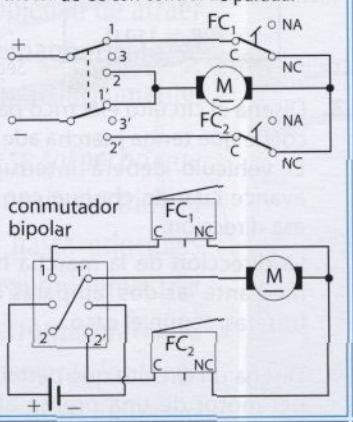
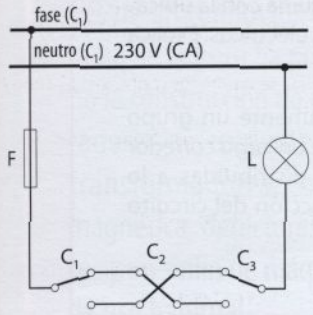
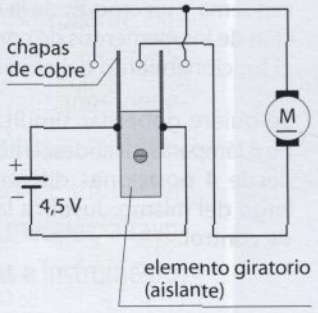
En su interior incorpora un resorte que hace retornar los contactos a su posición inicial una vez que cesa la presión que se ejerce sobre la palanca.



Te interesa saber

Los **selectores** son conmutadores múltiples que tienen una única entrada y diversas salidas. También existen selectores que permiten cambiar las entradas y salidas (cada entrada tiene asignada una salida o salidas diferentes).

Elemento		Símbolo	Imagen	Características, tipos y aplicaciones
Pulsador		pulsador NA pulsador NC		■ Actúa al ser presionado dejando pasar la corriente (NA) o impidiendo su paso (NC). Al cesar la presión, vuelve a su posición inicial. ■ Tipos: ● Según el estado inicial de sus contactos: NA (pulsador de marcha) o NC (pulsador de parada). ● Según su constitución: de retorno por resorte o por membrana. ■ Se utiliza en el accionamiento de timbres y zumbadores, máquinas herramientas, teclados diversos (ordenadores, mandos a distancia…).
Interruptor		interruptor unipolar interruptor bipolar interruptor tripolar interruptor tipo pulsador	GSM 175	■ Al ser pulsado, permite o impide de forma permanente el paso de la corriente eléctrica por un circuito, hasta que es accionado de nuevo. Tiene dos posiciones: ● Abierto: no deja pasar la corriente (0). ● Cerrado: deja pasar la corriente (1). ■ Tipos: ● Según el modo de accionamiento: de palanca, de pulsador con enclavamiento, de botón rotativo, de botón deslizante, *reed*. ● Según el número de circuitos que cierran o abren al mismo tiempo: unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares. ■ Se utiliza en: ● Viviendas: control de un punto de luz desde una posición. ● Electrodomésticos. ● Máquinas herramientas. ● Encendido y apagado de la alimentación de equipos electrónicos.
Conmutador	Conmutador de dos posiciones (vaivén) y conmutador selector	conmutador unipolar conmutador doble o bipolar conmutador rotativo (selector)		■ Permite desviar la corriente eléctrica que entra por el contacto común hacia una de las diversas salidas que tiene. ■ Tipos: ● Según el modo de accionamiento: de palanca, de botón rotativo (selectores), de botón deslizante. ● Según el número de estados de sus contactos: de dos posiciones, de tres posiciones, múltiples. ● Según el número de circuitos que conmutan: unipolares, bipolares. ■ Se utiliza en: ● Viviendas: control de un punto de luz desde dos posiciones. ● Instrumentación: selectores. ● Inversión de giro de un motor de CC (conmutadores bipolares de 2 y 3 posiciones).
Conmutador	Conmutador de cruzamiento o llave de cruce	entrada 1 salida 1 entrada 2 salida 2		■ Tiene dos bornes o terminales de entrada y dos de salida. Al igual que el interruptor y el conmutador de vaivén, tiene dos posiciones: ● Posición 1: E1 en contacto con S1 y E2 en contacto con S2. ● Posición 0: se cruzan los contactos (E1 con S2 y E2 con S1). ■ Según el tipo de accionamiento, pueden ser de palanca y rotativos. ■ Se utiliza en: ● Viviendas: control de un punto de luz desde 3 o 4 posiciones. ● Automatización: inversión de giro en motores de CC e inversores de polaridad.

Propuestas de circuitos para el aula taller (análisis, experimentación y proyectos)	Funcionamiento
Circuito 1. Accionamiento de un timbre (CA).  **Circuito 2.** Programador de luces. 	**Circuito 1.** Al presionar sobre el pulsador de contactos NA, se permite el paso *de la corriente eléctrica y ello hace que funcione el timbre. Cuando cesa* la presión, el resorte interno hace que los contactos del pulsador se abran de nuevo y se interrumpa la corriente eléctrica, con lo que deja de funcionar el timbre. **Circuito 2.** Las excéntricas o levas son operadores mecánicos que permiten obtener un movimiento rectilíneo alternativo a partir del movimiento de giro. Un programador electromecánico permite aprovechar este comportamiento para obligar a las excéntricas a cerrar y abrir de manera rítmica los contactos eléctricos (pulsadores NA) de las bombillas, con una simple pulsación. Un tambor de levas, al girar, provoca el encendido y apagado rítmico y alternativo de cada una de las bombillas.
Circuito 1. Accionamiento de un motor de corriente continua.  **Circuito 2.** Control de un punto de luz fluorescente desde una posición. 	**Circuito 1.** Al presionar el interruptor, sus contactos cierran el circuito de forma permanente, permitiendo el paso de la corriente y, como consecuencia, el funcionamiento del motor. Para detenerlo, hay que presionar de nuevo el interruptor. Con este circuito, el motor funciona en un único sentido de giro. **Circuito 2.** Al cerrar el interruptor, se aplica una tensión de 230 V en los bornes del cebador (C), se ioniza el gas que contiene y, debido a la proximidad entre sus láminas, tiene lugar un paso de corriente a través del gas ionizado. La elevación de la temperatura producida por el arco eléctrico deforma sus láminas, con lo que entran en contacto directo. Durante este período de tiempo estará pasando corriente a través de las resistencias situadas en ambos extremos del tubo fluorescente, que se calienta; como consecuencia, se ioniza el gas (neón) que contiene. Al bajar la temperatura en el interior de la ampolla del cebador, las láminas se contraen y abren el circuito (el cebador actúa como un interruptor automático durante el encendido del tubo). Esta variación brusca de la corriente que pasa por el circuito hace que la reactancia (*L*), al tratar de oponerse a la misma, genere una fem autoinducida en dicha bobina, que se suma a la tensión nominal del circuito. Esta sobretensión entre los electrodos del tubo hace que se inicie («cebe») el paso de la corriente a través del gas ionizado, con la consiguiente emisión de luz. Una vez establecido el arco, el paso de corriente a través del gas ya no varía bruscamente. La pintura blanca del tubo actúa de filtro óptico.
Circuito 1. Control de un punto de luz desde dos posiciones.  **Circuito 2.** Inversión de giro de un motor de CC con control de parada. 	**Circuito 1.** Cuando los contactos de ambos conmutadores (C1 y C2) se hallan en la posición superior o en la inferior, la corriente eléctrica circula a través del circuito y, con ello, la lámpara emite luz. Por el contrario, cuando los contactos de los conmutadores están en posiciones contrarias (uno en la posición inferior y el otro en la superior, o viceversa), se impide el paso de la corriente eléctrica y la lámpara permanecerá apagada. **Circuito 2.** En la posición en que se encuentran los contactos del conmutador *representados en el circuito (1-1'), el polo positivo de la pila llega al borne* derecho del motor, y el negativo, al borne izquierdo. El motor recibe corriente y gira en un determinado sentido. Si actuamos ahora sobre el conmutador y situamos sus contactos en la otra posición extrema (2-2'), conseguiremos cambiar la polaridad en los bornes del motor y, por tanto, su sentido de giro. **Nota.** Mediante los conmutadores tipo final de carrera se consigue la parada del motor en ambos sentidos de giro.
Circuito 1. Control de un punto de luz desde tres posiciones.  **Circuito 2.** Inversión de giro de un motor de CC con llave de cruce. 	**Circuito 1.** En la posición en que se encuentran los contactos de los conmutadores representados en el circuito (C1, C2 y C3), no circula corriente eléctrica a través de la lámpara y, por tanto, esta permanecerá apagada. Si se acciona cualquiera de *los conmutadores, pasará corriente eléctrica y la lámpara se encenderá. De esta* forma, es posible gobernar el encendido y el apagado de la lámpara desde cualquiera de las 3 posiciones. **Circuito 2.** En la posición en que se halla el elemento giratorio y, por consiguiente, las láminas de cobre, el motor no recibe corriente y está parado. Si se gira a la derecha, las láminas contactan con los terminales y el motor recibe el polo positivo de la pila por el terminal inferior y el negativo por el superior, girando en un determinado sentido. Si desplazamos el cuerpo giratorio hacia la izquierda, se invierte la polaridad y, como consecuencia, el sentido de giro del motor.

Actividades

1. Realiza un listado que incluya diferentes receptores eléctricos que tengas en casa. Indica en qué tipo de energía convierten la electricidad que consumen. Busca en sus manuales técnicos o en su placa de características su tensión, potencia o intensidad. Con estos datos, construye una tabla en la que indiques también el nombre del aparato y la energía que suministra.

2. Señala cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas:

- El protón posee carga y movilidad.
- Un generador consume energía eléctrica.
- El símbolo de la potencia es el vatio, y el de la resistencia, el ohmio.
- Para medir la resistencia eléctrica, se conectan los terminales del voltímetro en paralelo con los de la resistencia que se va a medir.

3. Calcula la intensidad de corriente que ha circulado por un conductor si en 3 min y 5 s se han trasladado a través de él $2{,}9 \cdot 10^{19}$ electrones.

4. Establece la capacidad de carga eléctrica de una batería, sabiendo que puede suministrar una corriente de 100 mA durante 6 días. Expresa el resultado en culombios.

5. ¿Por qué se enciende la lámpara y suena el zumbador cuando la respuesta es correcta en un mapa de preguntas y respuestas como el de la fotografía?

6. Explica qué sucede cuando abres la puerta del frigorífico o la del coche y se enciende la lámpara que se encuentra en su interior. ¿Qué elemento de control crees que se utiliza en el diseño de dicho circuito? Dibuja el esquema correspondiente.

7. Calcula la resistencia y la longitud de un hilo de nicrón (Ni-Cr) de 0,5 mm de diámetro, sabiendo que su conductancia eléctrica es de 0,01 Ω^{-1} y que la resistividad (ρ) del material es de $1\ \Omega \cdot mm^2/m$. Si fabricamos con ese hilo una resistencia y la conectamos a la red de CA de 230 V, calcula la intensidad de corriente que pasará a través de ella y su potencia eléctrica.

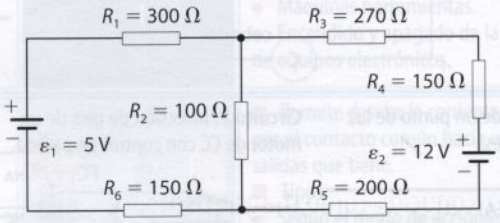
8. Tenemos tres bombillas incandescentes de 230 V con una potencia de 40 W, 60 W y 100 W, respectivamente. ¿Cuál de las tres proporcionará más luz? ¿Por qué?

9. Diseña un instrumento que permita saber si un circuito eléctrico está interrumpido o no; en el caso de que exista continuidad en el mismo, deberá encenderse una lámpara y sonar un zumbador.

10. Hemos observado los siguientes datos en la placa de características de un calentador eléctrico de agua: 2,5 kW y 230 V. Calcula el valor de la intensidad que pasará por la resistencia eléctrica calefactora. ¿Qué ocurrirá si lo conectamos a una red eléctrica de 125 V?

11. Dispones de 3 resistencias de 5 Ω, 10 Ω y 30 Ω, respectivamente, que debes conectar en serie. El conjunto estará conectado a una batería de 12 V. Dibuja el esquema eléctrico correspondiente y calcula la resistencia equivalente, la intensidad, la tensión que existe en los bornes de cada resistencia y la potencia que consume el circuito.

12. Calcula las intensidades de corriente que recorren el circuito de la figura.



13. Diseña el circuito eléctrico para el proyecto de un coche que tenga marcha adelante y marcha atrás. El vehículo deberá interrumpir el sentido de avance cuando choque con algún obstáculo en esa dirección.

La dirección de la marcha habrá de señalizarse mediante las dos lámparas delanteras o las dos traseras, según el caso.

14. Diseña un circuito que permita el funcionamiento del motor de una prensa al pulsar el botón de marcha, siempre y cuando esté bajada la barrera de protección en la zona de prensado. Dibuja el esquema y un croquis de la máquina con la ubicación de los elementos de control eléctricos. Explica el funcionamiento del circuito.

15. Se quiere gobernar simultáneamente un grupo de 6 lámparas incandescentes de un largo corredor desde 4 posiciones diferentes distribuidas a lo largo del mismo. Justifica la elección del circuito de control.

2 Magnetismo y electromagnetismo

Fueron los griegos quienes, hace más de 2 000 años, descubrieron que existían unos minerales capaces de atraerse entre sí y de atraer al hierro y que, además, se orientaban en la dirección norte-sur geográfica. Posteriormente se observó que esta propiedad de atraer al hierro, conocida como **magnetismo**, se podía producir o adquirir artificialmente.

Durante mucho tiempo se sospechó que existía alguna relación entre la electricidad y el magnetismo, pero hasta principios del siglo XIX esto no se pudo demostrar científicamente. El **electromagnetismo** trata de explicar científicamente los fenómenos magnéticos que se manifiestan cuando una corriente eléctrica fluye a través de un conductor. El desarrollo de esta rama de la física ha permitido al ser humano la construcción de electroimanes, generadores de corriente eléctrica, motores, transformadores, cocinas de inducción magnética, detectores de metales, altavoces y un sinfín de máquinas e instrumentos de uso habitual.

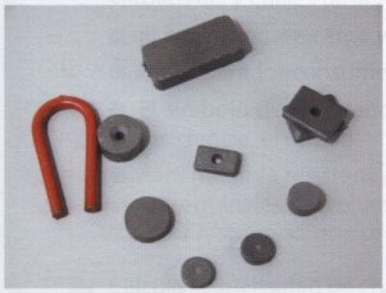
1 Magnetismo

Te interesa saber

Los **imanes** se utilizan como separadores de materiales magnéticos y no magnéticos, en dinamos y motores de corriente continua, micrófonos, altavoces, elementos de cierre de puertas, detectores…

El magnetismo es la rama de la física que trata de explicar los fenómenos de atracción y repulsión entre imanes o la atracción que estos ejercen sobre el hierro, el níquel y el cobalto. Estos materiales susceptibles de ser atraídos por un imán son llamados **materiales ferromagnéticos.**

Un **imán** es un cuerpo de metal o de cerámica que, de forma natural o artificial, se halla rodeado por un campo o «fuerza invisible» que afecta a cualquier material magnético que se encuentre dentro de su zona de influencia.



Imanes artificiales permanentes y temporales.

Los imanes se clasifican en:

- **Naturales.** Son aquellos que se encuentran como tales en la naturaleza, por ejemplo la **magnetita.**
- **Artificiales.** Si mantienen durante un tiempo indefinido sus propiedades magnéticas, se denominan **permanentes,** y si solo las conservan bajo la influencia de un campo magnético, se llaman **temporales** (por ejemplo, los núcleos de los electroimanes). Los materiales utilizados para la fabricación de imanes permanentes son el acero y diversas aleaciones, como la de acero-tungsteno-cobalto. Para los temporales se emplea hierro aleado con silicio.

Magnetita.

Si depositamos una pequeña cantidad de limaduras de hierro sobre un papel o lámina de plástico y situamos debajo un imán, observaremos lo que se conoce como **magnetización por inducción** (es decir, por aproximación, sin contacto). Puede comprobarse que se produce una mayor concentración de limaduras en los extremos, lo que demuestra que los imanes tienen dos polos magnéticos, llamados **polo norte** y **polo sur.** Los polos del mismo nombre desarrollan fuerzas de repulsión, y los de distinto nombre, de atracción. Es posible determinar los nombres de los polos mediante una brújula: acerca uno de ellos al extremo de una brújula marcado como norte y si ambos se atraen, se trata del polo norte del imán; por el contrario, si se repelen se tratará del polo sur.

Imanes temporales y permanentes

Si rompemos un imán en dos partes, cada una de ellas se convertirá en otro imán con sus dos polos. Si repitiésemos el proceso un gran número de veces, llegaríamos hasta lo que se denomina **molécula** o **dipolo magnético.** Los imanes están formados por moléculas magnéticas orientadas con los polos respectivos del imán. Un cuerpo de hierro «sin imantar» está compuesto de moléculas magnéticas sin orientar.

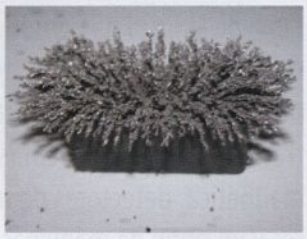
En un **imán temporal,** las moléculas magnéticas se ordenan y desordenan con facilidad, mientras que en un **imán permanente** resulta muy difícil reorientar las moléculas magnéticas una vez que han sido orientadas.

1.1. Campo magnético

Se denomina **campo magnético** de un imán a la zona en la que se manifiestan las fuerzas de atracción o repulsión que dicho imán ejerce sobre otros cuerpos.

El campo magnético de un imán adquiere su máxima intensidad en los polos y se va debilitando a medida que nos alejamos de ellos.

Los campos magnéticos se representan mediante unas líneas llamadas **líneas de fuerza magnéticas (ldf).** En las zonas en que las líneas de fuerza están más próximas, el campo magnético es más intenso. En la fotografía se observa el efecto que provoca el campo magnético creado por un imán sobre limaduras de hierro, que se orientan paralelamente a las líneas de fuerza creadas por aquel.



Efecto de un campo magnético sobre limaduras de hierro.

2 Electromagnetismo

Te interesa saber

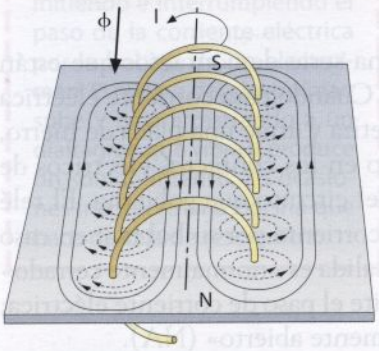
Las cuatro fuerzas **fundamentales de la naturaleza** son:

- **Fuerza nuclear fuerte.** Mantiene unidos los núcleos atómicos.
- **Fuerza electromagnética.** Actúa sobre los átomos que se unen formando moléculas.
- **Fuerza nuclear débil.** Mantiene unidos entre sí los componentes de las partículas elementales.
- **Fuerza de gravedad.** Es la de menor intensidad, aunque extiende su radio de acción a través de todo el universo.

En 1820, el danés Hans Christian Oersted observó que al situar una aguja imantada en el centro de una anilla de conductor recorrido por una corriente eléctrica, dicha aguja se desplazaba en una determinada dirección. Esto anunciaba la presencia de un campo magnético creado por la corriente que recorría el conductor, fenómeno en el que se basa el funcionamiento de electroimanes, motores, telégrafos, relés y otros dispositivos.

Oersted descubrió que existía una reciprocidad entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Michael Faraday demostró que, moviendo un conductor en el seno de un campo magnético, se inducía una fem entre sus extremos (principio de funcionamiento del generador), y que, si se hacía pasar corriente eléctrica por un conductor que se hallase dentro del campo magnético de un imán, aparecían fuerzas que provocaban el movimiento de dicho conductor en el seno del campo magnético (principio de funcionamiento del motor eléctrico). Estos descubrimientos permitieron el desarrollo posterior de una teoría y una tecnología en la que se basan las máquinas eléctricas actuales.

El **electromagnetismo** es la rama de la física que estudia las relaciones recíprocas entre el campo magnético y la corriente eléctrica.

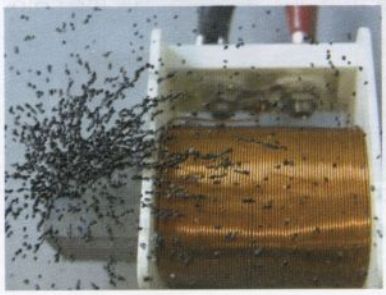


Campo magnético creado por una bobina o solenoide.

2.1. El electroimán

Un electroimán es un **imán artificial** formado por un solenoide o bobina (agrupación axial de espiras) de hilo conductor aislado y un núcleo de un material con alta permeabilidad magnética (μ), que facilita el paso de las líneas de fuerza e intensifica, así, el campo magnético creado por la corriente que circula por la bobina.

Al conectar un solenoide con núcleo de hierro a una fuente de alimentación, **el núcleo queda magnetizado** y se transforma en un imán mientras se produce el paso de corriente eléctrica por la bobina.



Efecto del campo magnético creado por un electroimán.

Los electroimanes se gobiernan abriendo o cerrando el circuito de alimentación y permiten obtener intensos campos magnéticos, construyendo bobinas con muchas espiras por las que pasan corrientes elevadas.

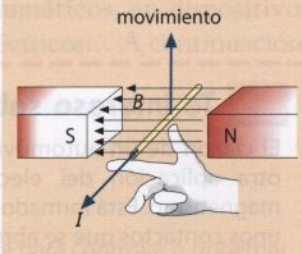
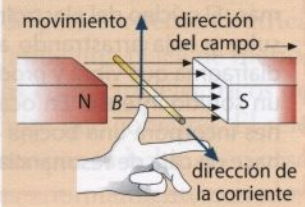
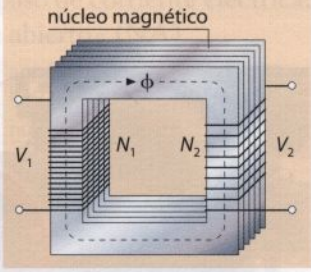
2.2. Magnitudes magnéticas

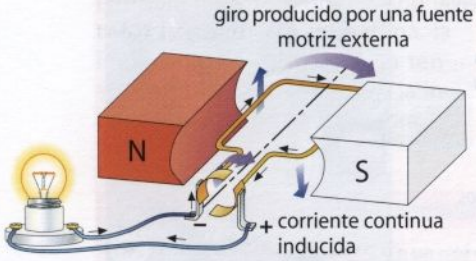
Para definir los campos electromagnéticos, utilizamos estas magnitudes:

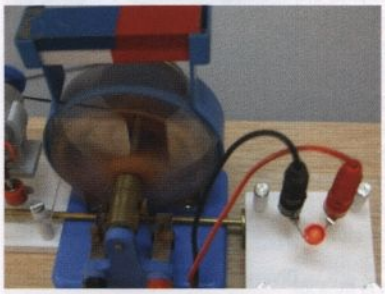
Magnitud	Unidad	Definición	Expresiones y relaciones	
Fuerza magnetomotriz, F (ε, en un circuito eléctrico).	Av (Amperio vuelta)	Mide la capacidad que posee la bobina de generar líneas de fuerza en un circuito magnético.	$F = N \cdot I$	N: número de espiras (o vueltas) de la bobina I: intensidad de corriente (A) l: longitud de la bobina (m)
Intensidad del campo magnético, H.	Av/m	Indica lo intenso que es el campo magnético. Depende de la fuerza magnetomotriz.	$H = \frac{N \cdot I}{l}$	
Inducción magnética, B (equivalente a J, densidad de corriente).	Tesla (T)	Es la cantidad de líneas de fuerza (ldf) que atraviesan perpendicularmente la unidad de superficie.	$B = \mu \cdot H$	μ: permeabilidad absoluta del circuito magnético (henrio/m)
Flujo magnético, ϕ (equivalente a I en un circuito eléctrico).	Weber (Wb)	Representa la cantidad de ldf del campo magnético.	$\phi = B \cdot S$	S: sección del circuito o conductor magnético (m^2)

Análisis de máquinas eléctricas

En la siguiente tabla se analizan los principios, las leyes y las reglas elementales en las que se basa el funcionamiento de las máquinas eléctricas:

Máquina	Principio de funcionamiento. Leyes	Expresiones	Reglas
Generador	Produce una fem (ε) por variación de flujo magnético (ϕ) en un circuito en movimiento. Esta producción tiene lugar mientras los conductores eléctricos corten líneas de fuerza del campo magnético. El valor de la fem inducida depende del número de espiras de la bobina y de la velocidad de variación del flujo con respecto al tiempo. Si son los conductores los que se mueven en el seno de un campo magnético fijo, se habla de **dinamo,** mientras que si es el campo magnético el que se mueve mientras los conductores permanecen fijos, se habla de **alternador.** **Ley de Faraday.** Cuando se desplaza un conductor eléctrico en el seno de un campo magnético, aparece una fem o diferencia de potencial entre los extremos de dicho conductor. **Ley de Lenz** (principio general de acción y reacción). El sentido de la corriente inducida en un conductor es tal que tiende a oponerse a la causa que la produjo.	La fuerza electromotriz inducida en un conductor es: $\varepsilon = B \cdot l \cdot v$ La fem inducida en una bobina es: $\varepsilon = N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ Donde: ε: fem inducida (V). B: inducción magnética (T). l: longitud del conductor (m). v: velocidad (m/s). N: número de espiras. $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$: variación del flujo con respecto al tiempo.	Regla de la mano derecha para determinar el sentido de la corriente inducida en un conductor que se desplaza perpendicularmente en el seno de un campo magnético (regla de Fleming): 
Motor	Produce movimiento giratorio en una bobina recorrida por la corriente eléctrica, en el seno de un campo magnético fijo o variable: al circular la corriente eléctrica por una espira, se crea un campo magnético a su alrededor, y si la espira se halla situada entre los polos de un imán o de un electroimán, se crean unas fuerzas de atracción y repulsión que provocan el giro de la espira. **Principio de Laplace, Biot y Savart.** Cuando un conductor de una determinada longitud por el que circula corriente se ve sometido a la acción de un campo magnético constante, aparecen fuerzas de carácter electromagnético, debidas a la interacción de ambos campos, que tratan de desplazarlo con una determinada fuerza.	La fuerza que aparece en un conductor es: $F = B \cdot l \cdot I$ Donde: F: fuerza (N). B: inducción magnética (T). l: longitud del conductor (m). I: intensidad (A).	Regla de la mano izquierda para determinar el sentido de la fuerza (regla de Fleming): 
Transformador	Produce fem por variación de flujo magnético en un circuito estático: al aplicar una corriente alterna (variable) en el **bobinado primario** del transformador, se produce un flujo magnético variable que recorre el núcleo magnético y atraviesa el **bobinado secundario,** lo que provoca la aparición en esta bobina de una fem inducida. La transferencia de energía eléctrica entre ambos bobinados se realiza a través del campo magnético variable que recorre el núcleo, por lo que no es necesaria la conexión eléctrica entre ellos. Un transformador solo puede funcionar en CA.	En condiciones ideales: $m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ Donde: m: relación de transformación. V_1 y V_2: tensión del primario y del secundario (V). N_1 y N_2: número de espiras del primario y del secundario.	





Dinamo elemental y dinamo escolar.

Generador de corriente continua o dinamo

En la actualidad, la generación de corriente continua se realiza con pilas y acumuladores o bien mediante la conversión de CA a CC con rectificadores. Las dinamos tienen aplicaciones muy específicas, como excitatrices para alternadores, tacodinamos, convertidores rotativos…

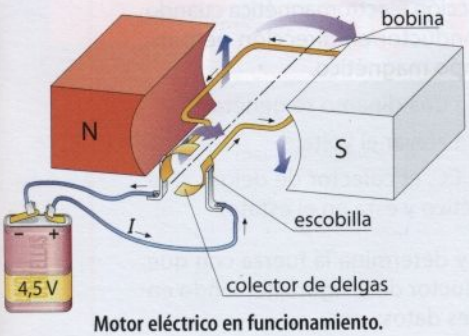
Una dinamo consta de un **inductor** (encargado de crear un campo magnético fijo) que puede ser un imán permanente o un electroimán, situado en el estator, y un inducido, ubicado en el rotor, donde se induce la fem. Las distintas secciones del devanado del inducido se conectan entre sí a través de las delgas o láminas conductoras situadas en el **colector de delgas,** sobre el que rozan las **escobillas,** encargadas de transmitir la energía eléctrica generada hasta los bornes de la máquina. Al hacer girar el rotor —mediante una turbina u otro dispositivo giratorio—, se genera en el devanado del inducido una fem. El conjunto formado por el colector de delgas y las escobillas constituye un **rectificador rotativo** que permite que en los bornes de la dinamo se disponga de una corriente pulsante o continua (si el número de secciones es elevado).

Motores de corriente continua

Motor construido en el aula taller.

Su constitución es idéntica a la de la dinamo. Se trata de una máquina reversible que puede funcionar indistintamente como generador o como motor.

Cuando la corriente recorre los conductores del devanado del inducido, se produce un par de giro en el rotor. El colector de delgas se encarga de invertir el sentido de la circulación de la corriente en las espiras al pasar por el plano neutro y, con ello, de mantener el sentido de giro del rotor. Estos motores poseen un par de arranque elevado y su velocidad se puede regular con facilidad, por lo que resultan muy útiles en vehículos de tracción eléctrica (trenes, tranvías...).

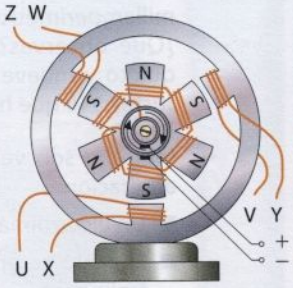


Motor eléctrico en funcionamiento.

Generadores de corriente alterna

La producción de energía eléctrica se realiza en las centrales eléctricas mediante el **alternador trifásico,** una máquina eléctrica **síncrona** que transforma en corriente alterna la energía mecánica aportada por una turbina. El inductor de esta máquina suele encontrarse en el rotor y está compuesto por cierto número de electroimanes alimentados con CC, que producen un campo magnético giratorio, cuyas líneas de fuerza, al atravesar los conductores de las bobinas del inducido (tres bobinas desfasadas geométricamente 120°), situadas en el estator, inducen en ellas fuerzas electromotrices de tipo senoidal desfasadas entre sí 120°.

Motor de gas combinado con alternador (cogeneración).



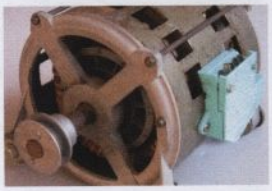
Alternador trifásico.

Motores de corriente alterna

Los **motores de corriente alterna asíncronos** son los más utilizados en la actualidad, debido a su excelente rendimiento, fácil mantenimiento y sencillez de construcción. También se emplean, aunque en menor grado y en aplicaciones específicas, los **motores síncronos,** en los cuales el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético giratorio.

Los **motores asíncronos trifásicos** disponen de un inductor situado en el estator, compuesto por tres bobinas desfasadas 120°, que, al ser alimentadas por un sistema trifásico de tensiones, generan un campo magnético giratorio. Dicho campo corta en su movimiento a los conductores del inducido situados en el rotor, generando en ellos una fem que produce unas corrientes circulatorias al tratarse de un devanado cerrado (en cortocircuito). Estas corrientes interaccionan con el campo magnético del estator, dando lugar a un par de fuerzas que provocan un movimiento giratorio en el rotor en el mismo sentido que el campo.

El rotor intenta alcanzar la velocidad del campo, pero siempre gira a una velocidad inferior, razón por la cual el motor recibe el nombre de asíncrono. De este modo, se mantiene la variación de flujo y, en consecuencia, la fem inducida y el movimiento del rotor.


Detalle de motor eléctrico.

El motor universal

La mayoría de los pequeños electrodomésticos y máquinas herramientas están equipados con un motor denominado **universal,** que puede alimentarse indistintamente con CC o CA.

Su constitución es muy similar a la de un motor de corriente continua de excitación serie, es decir, en el que el inductor y el inducido están conectados en serie. Por ello, cuando lo alimentamos con CA, se invierte el sentido de la corriente en los dos devanados a la vez y el sentido de giro no cambia.

Actividades

1. Llena un recipiente grande de agua. Sobre una bandeja pequeña de poliestireno expandido sitúa un imán con forma de barra. Haz girar la bandeja y espera a que se pare. Marca los extremos del imán con cintas adhesivas de colores diferentes. Haz girar de nuevo la bandeja. Anota tus conclusiones.

2. Pide a tu profesor o profesora un carrete de hilo de cobre esmaltado y un tornillo o clavo de acero, rodea este con 40 o 50 vueltas de hilo de cobre, pela los extremos de la bobina formada y conéctalos a una pila de petaca. Acerca este montaje a una caja de clavos. ¿Qué observas? Desconecta uno de los extremos de la pila. ¿Qué ocurre? Trata de explicar lo observado.

3. Introduce un imán permanente en el interior del núcleo de una bobina de hilo de cobre esmaltado (puedes construirla enrollando hilo de cobre aislado sobre un tubo de cartón). Conecta los terminales de la bobina a un galvanómetro o a un miliamperímetro y mueve el imán en su interior. ¿Qué observas? A continuación, deja el imán quieto y mueve la bobina. ¿Qué sucede ahora? Justifica lo que has observado.

4. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- Un electroimán es un imán natural.
- El acero se emplea como núcleo de los electroimanes.
- El flujo magnético se mide en webers.
- Un electroimán es una bobina de hilo de cobre con un núcleo de hierro que se magnetiza cuando hacemos pasar corriente por la bobina.
- Cuando pasa corriente eléctrica por un hilo conductor, este atrae a los objetos próximos.

5. La bobina de un electroimán, que posee 62 espiras y tiene una longitud de 10 cm, es atravesada por una corriente de 5 A. La sección transversal de su núcleo es de 3,14 cm^2.

a) Calcula la fuerza magnetomotriz (F) creada en la bobina.

b) Halla la inducción magnética, suponiendo:

- Un núcleo de aire ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m).
- Un núcleo de hierro ($\mu = 5 \cdot 10^{-4}$ H/m).

c) Determina el flujo magnético en el interior del núcleo, en los dos supuestos anteriores.

d) Anota las conclusiones que deduzcas.

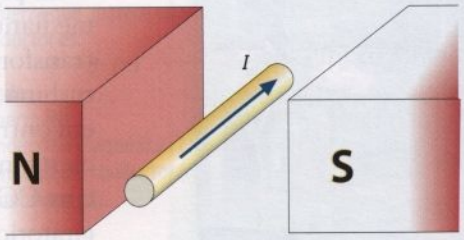
6. ¿Cuántos amperios recorrerán la bobina del ejercicio anterior cuando en el núcleo de hierro exista un flujo magnético de 146 μWb?

7. Señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- Se produce inducción electromagnética cuando movemos un conductor en dirección perpendicular a un campo magnético.
- En el inducido de una dinamo se genera CC.
- Un relé sirve para elevar el voltaje.
- En un motor de CC, el colector de delgas crea el campo magnético y está en el estator.

8. Indica la dirección y determina la fuerza con que se desplaza el conductor de la figura, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Corriente que lo recorre: 5 A.
- Inducción magnética: 1,8 T.
- Longitud: 30 cm.



9. ¿Qué diferencias constructivas y de funcionamiento encuentras entre un alternador y una dinamo? ¿Cómo crees que se genera la CC que consumen los aparatos electrónicos que utilizamos habitualmente?

10. Nombra seis máquinas o dispositivos que tengas en tu casa, en cuyo funcionamiento intervengan imanes o electroimanes. Explica la función que desempeñan en dichas máquinas.

11. Completa la tabla siguiente:

Aplicación	Tipo de motor eléctrico que incorpora			
	Motor de CC	Motor de CA monofásico	Motor de CA trifásico	Motor universal
Batidora				
Lavadora				
Disquetera				
Walkman				
Ascensor				
Secador				
Frigorífico				
Taladradora				

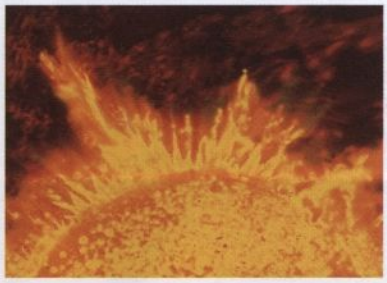
3 Generación de energía eléctrica

Los primeros hombres solo contaban con la fuerza de sus músculos para realizar los trabajos que les permitían sobrevivir. Con el paso del tiempo fueron capaces de mejorar sus condiciones de vida gracias al desarrollo de máquinas, instrumentos y dispositivos que les permitieron realizar tareas y trabajos muy diversos. Para su funcionamiento, estas máquinas necesitan energía, la cual se extrae invariablemente de la naturaleza.

En la actualidad, los países industrializados consumen el 80 % del total de la energía. La mayor parte de las necesidades energéticas de nuestro planeta se cubre con la quema de combustibles fósiles. En este proceso se emiten al medio ambiente ingentes cantidades CO_2 y otros contaminantes, que son causa de problemas medioambientales de muy difícil solución.

La electricidad constituye una de las formas más prácticas y útiles de energía. Su generación y transporte tienen, no obstante, toda una serie de repercusiones negativas sobre el entorno. Conocer estos problemas contribuirá a un consumo más responsable de esta importante forma de energía.

1 ¿Qué es la energía?



El Sol constituye una fuente de energía esencial para la vida en la Tierra.

La energía es una propiedad asociada a la materia que está siempre presente en la realización de un trabajo. Se halla a nuestro alrededor en muy variadas formas, pero no es posible verla ni tocarla. Ahora bien, cuando «sucede algo», podemos estar seguros de que la energía está detrás de ello.

Supón que coges la bicicleta para ir al instituto: has de realizar un trabajo, pues debes aplicar una fuerza de pedaleo a fin de desplazarte; para realizar ese trabajo tienes que consumir energía procedente de tu propio cuerpo, energía que obtienes de los alimentos. Imagina ahora una masa de agua embalsada: si se deja caer por un canal y se hace pasar por una turbina, será capaz de mover los álabes y generar electricidad, con lo que realizará igualmente un trabajo; en este caso, la energía necesaria procede del agua almacenada a cierta altura. Los dos ejemplos ilustran cómo la energía se transforma en **trabajo útil.**

La **energía** es la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo o hacer que algo suceda o «funcione», ya sea moviéndolo, calentándolo o alterándolo.

El Sol es nuestra principal fuente de energía, aunque a nuestro planeta llega solo una mínima cantidad de la radiación emitida por dicha estrella.

Todas las formas de presentación de la energía son transformaciones de otra forma anterior; en conjunto constituyen un ciclo que se inicia con la energía procedente del Sol. Por ejemplo, al accionar un interruptor, una bombilla emite energía luminosa porque su filamento brilla al ser calentado por la energía que transporta la corriente eléctrica. A su vez, la energía eléctrica que consume la bombilla puede haber sido generada en una central eléctrica a partir de la combustión de carbón o petróleo. Estas sustancias, al arder, transforman su energía química en energía calorífica que convierte el agua en vapor en movimiento que, finalmente, se transforma en energía eléctrica en el grupo turbina-alternador. Por otro lado, la energía química de los combustibles fósiles procede de los bosques que, gracias a la luz solar, se formaron hace millones de años debido a la **fotosíntesis.**

El ciclo expuesto es solo un ejemplo de las múltiples posibilidades de transformación de la energía, que quedan reflejadas en el **principio de la conservación de la energía.**

La energía no puede crearse ni destruirse; solo puede transformarse.

No es posible medir la energía directamente, pero sí el trabajo realizado con ella. Así, la energía potencial de una masa de agua que está embalsada a cierta altura se mide en función de su capacidad para mover los álabes de una turbina al dejarla caer y producir un trabajo mecánico.

El trabajo y la energía se miden en **julios (J)** en el SI. Para cantidades de energía superiores se utiliza el kilojulio (kJ), que equivale a 10^3 J.

También se emplean otras unidades, dependiendo de la forma de energía:

Forma de energía	Unidad	Símbolo	Equivalencia en julios
Energía eléctrica	Kilovatio por hora	kW · h	$3{,}6 \cdot 10^6$ J
Energía calorífica	Caloría	cal	4,18 J
Energía nuclear	Electrón-voltio	eV	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J

Materia y energía

La energía del Sol procede de las reacciones de **fusión nuclear** que tienen lugar en el centro de este astro. Dichas reacciones convierten el hidrógeno en helio y otras sustancias; en el proceso se pierde materia y se liberan grandes cantidades de energía radiante en forma de luz y calor. Esto permite deducir que **la materia es capaz de transformarse en energía.** Es decir, masa y energía son intercambiables (la masa es una forma de energía, y viceversa). Einstein formuló esta relación en una ecuación muy conocida:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

En esta expresión, ΔE es la energía generada o liberada; Δm, la variación de masa producida, y c, la velocidad de la luz (300 000 km/s).

El proceso nuclear es la única manera de crear nueva energía, pero para ello es necesario «destruir» masa, de forma que el conjunto masa-energía permanezca siempre invariable.

Actividades

1 Convierte en julios y kilojulios los siguientes valores energéticos: 200 kcal, 5 kW · h y $0{,}624 \cdot 10^{21}$ eV.

Te interesa saber

No es lo mismo **calor** que **temperatura.** El calor se manifiesta como una transferencia de energía térmica, consecuencia del movimiento de las moléculas, mientras que la temperatura es la forma de medir la rapidez con que transcurre dicho movimiento.

Existen tres escalas para medir la temperatura de un cuerpo: **Fahrenheit, Celsius** (o escala centígrada) y **Kelvin** (o escala absoluta). Las equivalencias de uso más frecuente entre ellas son las siguientes:

- Punto de congelación del agua:

  0 °C = 273,15 K = 32 °F

- Punto de ebullición del agua:

  100 °C = 373,15 K = 212 °F

El fuego es una forma de energía luminosa y térmica.

Una orquesta actuando es una fuente de energía sonora.

2 Formas de energía

La energía adopta muchas formas, capaces de transformarse unas en otras. A lo largo de la historia, el ser humano ha desarrollado muy diversos útiles y máquinas para controlar la energía y sus transformaciones.

En la siguiente tabla se relacionan las formas más usuales de energía:

Formas de energía		Descripción, características y ejemplos
Energía mecánica ($E_m = E_c + E_p$)	Energía cinética	Es la energía que tiene un cuerpo en razón de su movimiento. Su expresión matemática es $E_c = 1/2\, m \cdot v^2$. **Ejemplos:** el agua o el aire en movimiento, un tren en marcha…
	Energía potencial	A veces se denomina **energía almacenada.** La poseen los cuerpos que no se mueven, pero que están situados a una cierta distancia de un punto de referencia. La **energía potencial gravitatoria,** por ejemplo, es la que tiene un cuerpo a causa de la altura a la que está situado. Su expresión matemática es $E_p = m \cdot g \cdot h$. **Ejemplos:** un muelle o goma elástica estirados, el agua embalsada en una presa…
Energía química		Es la energía almacenada en los enlaces químicos de las sustancias. Se manifiesta en ciertas reacciones químicas de formación o descomposición. **Ejemplos:** la energía almacenada en los alimentos, que se transforma en **energía metabólica** en nuestro organismo; los fuegos artificiales, los combustibles fósiles, los generadores eléctricos de CC (pilas, baterías y acumuladores)…
Energía térmica		Es la debida al movimiento interno de las partículas que constituyen un cuerpo: cuanto más rápido vibren las mismas, más caliente estará el cuerpo, y viceversa. **Ejemplos:** procesos de combustión y caldeo, el efecto Joule en electricidad…
Energía luminosa		Se trata de un tipo de energía radiante, transportada por ondas electromagnéticas. La energía luminosa permite ver los objetos, porque estos reflejan hacia nuestros ojos la luz procedente del Sol o de una fuente de luz artificial. La luz es un caso particular de la energía electromagnética, presente en cualquier tipo de radiación (microondas, rayos infrarrojos, ondas de radio…). **Ejemplo:** la luz visible, que es la única clase de radiación que podemos ver, y cuya velocidad de propagación es de $3 \cdot 10^8$ m/s.
Energía sonora		Se trata de un tipo de energía producida por la vibración de un medio de transmisión (agua, aire…). Esta vibración provoca contracciones y expansiones de dicho medio, que viajan a través del mismo en forma de ondas de sonido. Estas ondas son longitudinales, es decir, se desplazan mediante movimientos de contracción y elongación. El sonido se propaga a través del aire a 344 m/s, velocidad que se incrementa en medios sólidos y líquidos. **Ejemplos:** el sonido emitido por un altavoz, la voz humana, el ruido producido por máquinas y motores…
Energía nuclear ($\Delta E = \Delta m \cdot c^2$)		Es la almacenada en los núcleos de los átomos. Esta forma de energía se puede liberar en las reacciones de fisión y fusión nuclear. En la **fisión nuclear** se rompen los núcleos pesados de algunos isótopos, mientras que en la **fusión nuclear** se unen dos núcleos ligeros para dar lugar a otro más pesado. En ambos procesos se obtiene una enorme cantidad de energía. **Ejemplo:** en las actuales centrales eléctricas termonucleares tienen lugar reacciones de fisión, mientras que el núcleo del Sol constituye un inmenso reactor nuclear de fusión.
Energía eléctrica ($E = P \cdot t$)		Es la transportada por la corriente eléctrica. Es la forma más utilizada por la facilidad con que se genera, transporta y transforma en otros tipos de energía. **Ejemplos:** el rayo, la electricidad estática y la energía suministrada por pilas, baterías y alternadores.

3 Fuentes de energía

Desarrollo sostenible

El crecimiento tecnológico implica un aumento de la demanda de energía y del consumo de materias primas. Este aumento, en gran medida incontrolado, plantea serios problemas medioambientales y puede abocar a una grave crisis energética.

A fin de paliar los problemas derivados del consumo energético, deben plantearse programas de **desarrollo sostenible** desde tres enfoques convergentes: **sostenibilidad social, sostenibilidad energética y del consumo de materias primas** y **sostenibilidad ecológica.**

Un trabajo se puede realizar utilizando distintas fuentes de energía.

Las **fuentes de energía** son recursos naturales de los cuales se obtienen, a través de transformaciones sucesivas, las diferentes formas de energía.

Atendiendo a su disponibilidad en la naturaleza y a su capacidad de regeneración, las fuentes de energía pueden ser de dos tipos:

- **No renovables.** Son aquellas cuya capacidad de regeneración es nula o muy lenta. Sus reservas son limitadas y su explotación repercute de forma negativa sobre el medio ambiente natural.
- **Renovables.** Son las que, una vez utilizadas, tienen la capacidad de regenerarse de forma continua. Son poco contaminantes, baratas y prácticamente inagotables.

El consumo actual de energía es insostenible a medio plazo, pues procede en su mayor parte de fuentes no renovables. Por ello, se espera que estas vayan siendo sustituidas poco a poco por fuentes renovables.

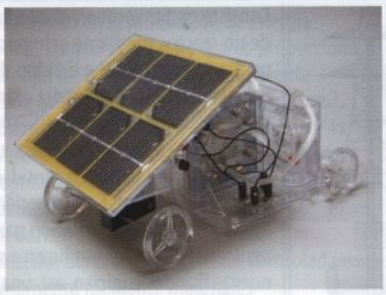
Fuente de energía			Descripción y características
NO RENOVABLE	Combustibles fósiles	Petróleo y derivados	Se utilizan como combustibles en motores térmicos, calderas y diversos tipos de quemadores. En la actualidad, el petróleo satisface en torno al 40 % de las necesidades energéticas mundiales.
		Carbón	Fue el combustible de la Revolución industrial. Hoy se utiliza fundamentalmente en el campo de la metalurgia y en sistemas de calefacción y centrales termoeléctricas. Existen cuatro tipos de carbón: antracita, hulla, lignito y turba.
		Gas natural	Es una mezcla de gases, en su mayor parte metano, que se encuentra almacenada en el interior de la Tierra. Se utiliza como combustible en industrias, centrales térmicas y viviendas.
	Nuclear de fisión		Consiste en la ruptura de un núcleo pesado de un isótopo radiactivo para dar lugar a dos núcleos ligeros, proceso en el cual se libera una gran cantidad de energía. Se emplea en las centrales termonucleares para producir energía eléctrica y en armamento nuclear.
RENOVABLE	Hidráulica		Se aprovecha la energía cinética de las corrientes de agua para hacer girar turbinas o ruedas hidráulicas. Es una fuente de energía utilizada desde la Antigüedad (molinos de agua, batanes…). En ríos caudalosos y en zonas de orografía accidentada, el aprovechamiento energético es elevado.
	Geotérmica		El interior de la Tierra es un depósito de energía térmica natural que en ocasiones se manifiesta en su superficie en forma de erupciones volcánicas y géiseres de agua caliente a presión. Se utiliza para obtener agua caliente, en sistemas de calefacción y en la producción de electricidad.
	Eólica		La energía cinética del viento se aprovecha para hacer girar los molinos y las hélices de los aerogeneradores o para el desplazamiento de embarcaciones de velas.
	Solar		La energía de la luz solar se puede transformar en energía eléctrica mediante dos procedimientos: con **hornos solares** y **campos de helióstatos** o con **paneles fotovoltaicos.** La energía térmica se puede transformar en agua caliente en los **colectores planos.**
	Oceánica		Aprovecha los desniveles de agua provocados por las mareas (**energía maremotriz**), la energía cinética de las olas y la diferencia térmica que existe entre la superficie y las zonas profundas de los océanos.
	Biomasa		La madera es el mejor ejemplo del uso tradicional de esta fuente de energía. Actualmente se extrae también energía de restos vegetales y de **residuos** forestales, agrícolas y ganaderos, así como del cultivo de vegetales energéticos y subproductos derivados de las aguas residuales. A partir de estos productos se obtienen combustibles como el **biogás** o el **carbón vegetal.** También se utiliza para la producción de energía eléctrica.
	Nuclear de fusión (en proceso de investigación)		Consiste en la obtención de energía eléctrica a partir de la energía liberada cuando se unen núcleos atómicos ligeros (de deuterio, un isótopo del hidrógeno) para formar otros más pesados (de helio).
	Hidrógeno	Pilas de hidrógeno	En las **células energéticas,** el hidrógeno no constituye una fuente de energía primaria propiamente dicha, sino un vector (es decir, un portador) de energía. Estas pilas permiten la obtención de energía eléctrica a partir de la reacción química que se produce entre el hidrógeno y el oxígeno en una célula con dos electrodos.
		Combustible	El hidrógeno puede utilizarse como **combustible** en motores de combustión interna. Almacena 2,6 veces más energía por unidad de masa que la gasolina.

4 Energía eléctrica

Recuerda

La corriente continua es proporcionada por pilas, baterías, acumuladores, células energéticas de hidrógeno, células fotovoltaicas, generadores electrodinámicos (dinamos) y fuentes de alimentación.

La corriente alterna se obtiene en alternadores y dispositivos electrónicos (osciladores, inversores, etcétera).



Continuamente se buscan formas alternativas de aprovechamiento energético. El vehículo experimental de la imagen funciona con una célula energética de hidrógeno y un panel fotovoltaico.

El sistema trifásico

La energía eléctrica se genera, transporta y distribuye mediante un **sistema trifásico de tensiones.** Las conducciones monofásicas utilizadas en las viviendas, las pequeñas industrias y los locales comerciales requieren dos hilos conductores, mientras que las trifásicas utilizan 3 o 4 conductores.

La potencia activa en un sistema trifásico es:

$$P_a = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

De lo anterior se deduce que:

$$I_L = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi}$$

De ahí que en el transporte de energía eléctrica en alta tensión se reduzca el valor de la intensidad que recorre las líneas y, con ello, la sección y el peso de los conductores, así como las pérdidas eléctricas y el coste económico.

Generalmente, al hablar de producción de energía, se hace referencia a la electricidad, sea cual sea la fuente de energía primaria a partir de la cual se obtenga. Esto se debe a que la energía eléctrica es la más utilizada y versátil de todas las formas conocidas. Se genera y transporta a largas distancias con relativa facilidad, bajo coste y un rendimiento energético aceptable, y puede transformarse de manera sencilla en otras formas de energía.

En las sociedades industrializadas, la dependencia de la energía eléctrica es muy alta.

La energía eléctrica se consume inmediatamente después de su producción, por lo que no es posible disponer de *stocks* estratégicos como ocurre con otros recursos energéticos, como el petróleo. Demanda y suministro de electricidad deben ir, por tanto, estrechamente unidos, y si en algún momento hay un aumento brusco del consumo eléctrico sin el correspondiente incremento en la producción, se corre el riesgo de falta de suministro, lo que se conoce vulgarmente como **apagón.**

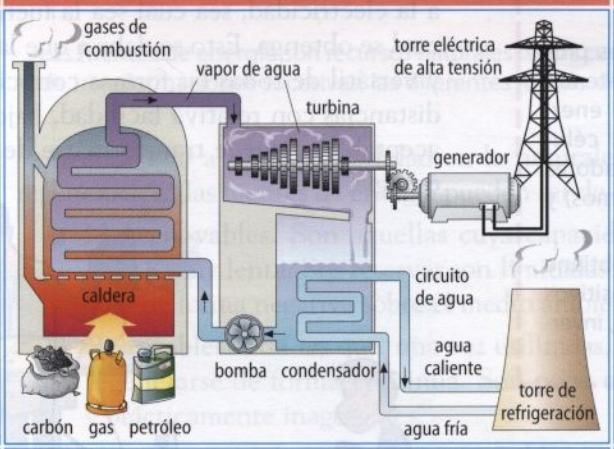
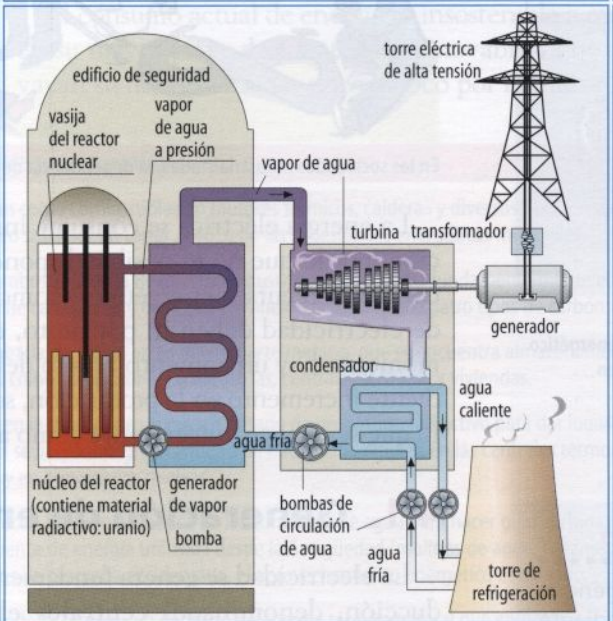
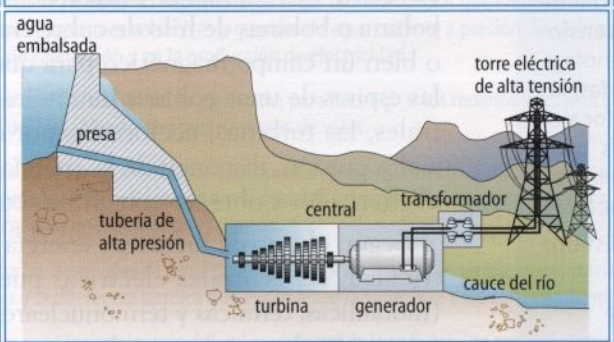
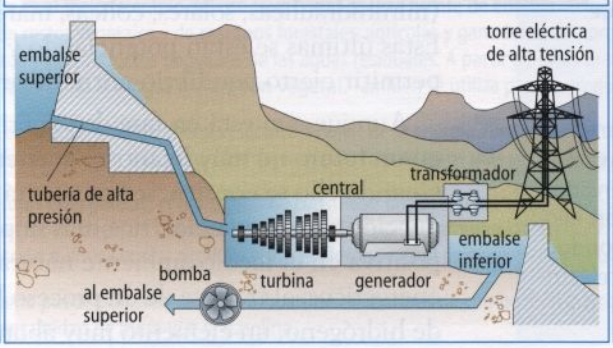
4.1. Generación de energía eléctrica

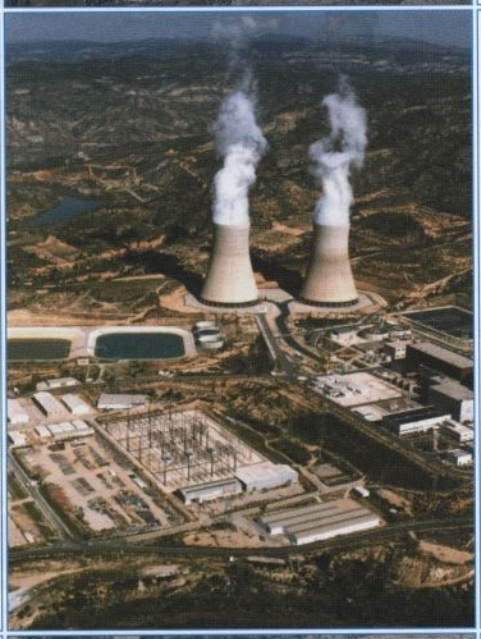
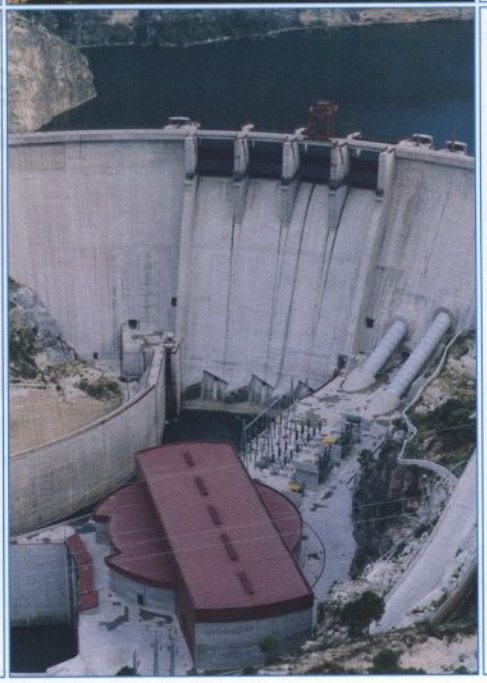
La electricidad se genera fundamentalmente en grandes centros de producción, denominados **centrales eléctricas,** haciendo girar, bien una bobina o bobinas de hilo de cobre en el seno de un campo magnético fijo, o bien un campo magnético para que sus líneas de campo puedan cortar las espiras de unas bobinas inmóviles (véase la UNIDAD 2). En dichas centrales, las turbinas, accionadas por el flujo de agua o de vapor de agua a alta presión, disponen de la energía mecánica necesaria para hacer girar el alternador y obtener con ello electricidad.

Según el tipo de fuente de energía primaria utilizada para generar electricidad, las centrales eléctricas pueden clasificarse en **convencionales** (hidráulicas, térmicas y termonucleares) y **no convencionales** o **alternativas** (minihidráulicas, solares, eólicas, maremotrices, geotérmicas y de biomasa). Estas últimas se están potenciando y subvencionando en la actualidad, al permitir cierto equilibrio entre desarrollo económico y medio ambiente.

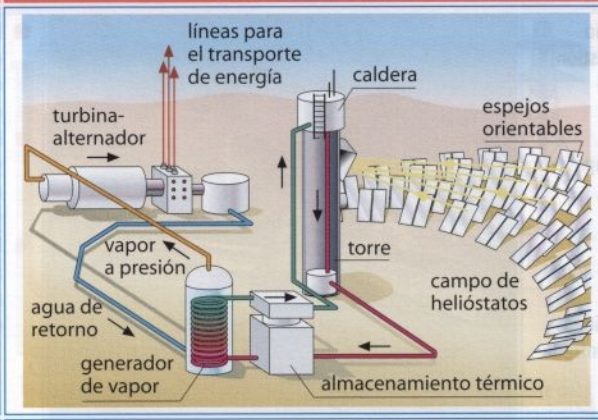
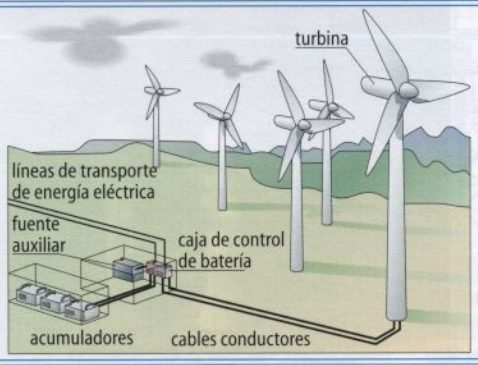
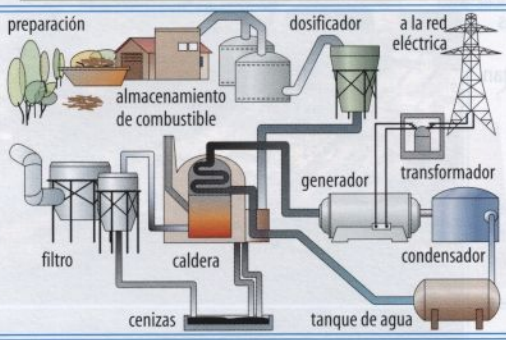
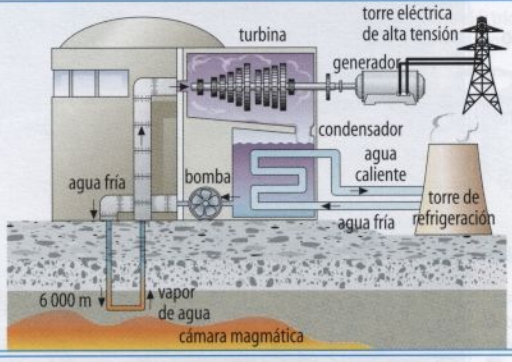
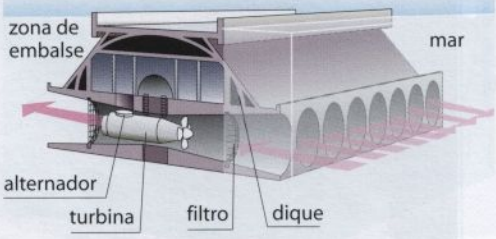
Aunque aún está en fase de experimentación, se espera poder disponer en un futuro no muy lejano de la energía procedente de la **fusión nuclear.** Cuando ello se consiga, se convertirá probablemente en el sistema de producción de energía eléctrica más importante, lo cual repercutirá de forma positiva en el medio ambiente natural y en el abaratamiento de los costes energéticos, al tratarse de un proceso limpio que tan solo necesita el aporte de hidrógeno, un elemento muy abundante en la Tierra.

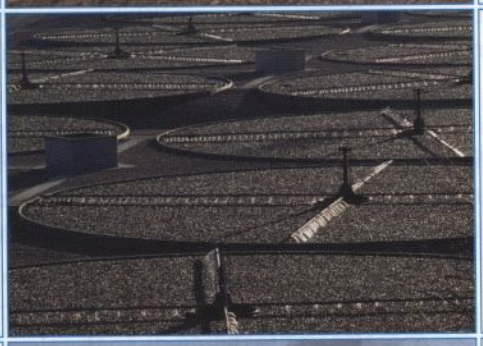
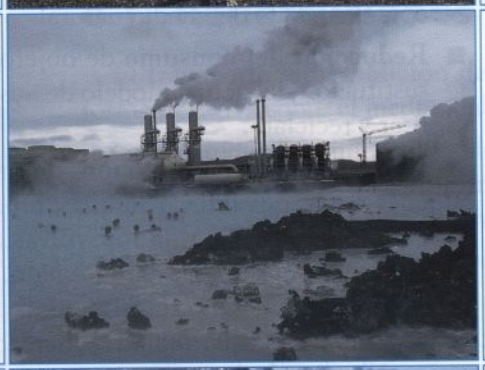
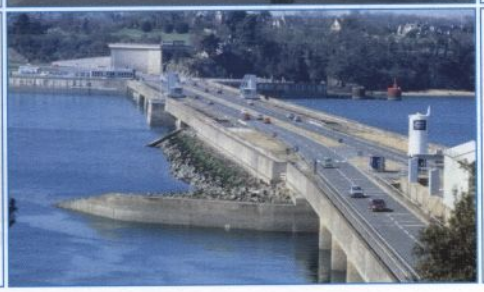
Centrales eléctricas convencionales

Fuente de energía		Tipos de central y clasificación	Esquema	Funcionamiento
CONVENCIONAL	No renovables	**Térmica de vapor** Según el tipo de combustible utilizado: ■ **De fuel.** ■ **De carbón.** ■ **De gas natural.**		El combustible se introduce y se quema en la caldera, con lo que se obtiene energía térmica (calor). Esta permite calentar agua desmineralizada y convertirla en vapor a alta presión. El vapor se hace pasar a través de los álabes de una turbina de vapor de tres etapas (alta, media y baja presión) para conseguir un mayor aprovechamiento energético. La energía mecánica de giro obtenida se transmite al alternador, que produce electricidad. El proceso de transformación energética es el siguiente: energía química → energía calorífica → → energía hidráulica → energía mecánica → energía eléctrica
		Fisión nuclear Existen varias modalidades: ■ Según el combustible utilizado: uranio o plutonio. ■ Según el moderador empleado: grafito, agua corriente, agua pesada, berilio o líquidos orgánicos. ■ Según el fluido portador del calor (refrigerante): anhídrido carbónico, agua, sodio fundido, potasio, sodio-potasio, helio, agua pesada o líquidos orgánicos.		Consiste en provocar en el interior de un reactor, mediante el impacto de un neutrón, la rotura o división del núcleo pesado de algún isótopo del uranio (^{235}U o ^{238}U) o del plutonio (^{239}Pu), lo que produce una variación de masa y, con ello, la liberación de una gran cantidad de energía térmica. En la reacción se emiten neutrones y radiación gamma. Los neutrones liberados producen a su vez nuevas fisiones e inician, así, una **reacción en cadena.** La energía térmica obtenida se utiliza para calentar agua desmineralizada con objeto de producir vapor a presión en intercambiadores de calor. Este vapor mueve una turbina y genera electricidad en el alternador. El proceso energético que tiene lugar es el siguiente: energía nuclear → energía calorífica → → energía hidráulica → energía mecánica → energía eléctrica
	Renovables	**Hidroeléctrica** Puede ser de varios tipos: ■ **De derivación de aguas** ($P < 5$ MW). ■ **De acumulación de aguas** o de gravedad (50 MW $< P <$ 100 MW). ■ **De bombeo** ($P >$ 100 MW). Por lo que respecta a las centrales de pequeño tamaño, se denominan **minihidráulicas** si su potencia es inferior a los 50 MW, y **microhidráulicas** si no sobrepasan los 100 kW.	 	Aprovechan la energía potencial del agua embalsada (de gravedad y de bombeo) en una presa, para liberarla al dejarla caer a través de una tubería de presión y convertirla así en energía cinética con la que se mueven los álabes de una turbina (hay varios tipos de turbina: Pelton, Kaplan, Francis). La energía mecánica de la turbina se transforma en energía eléctrica en el alternador, que gira solidariamente al eje de aquella. Las **centrales de bombeo** constan de dos embalses, uno superior o de almacenamiento y otro inferior, desde donde se bombea agua al primero cuando la demanda de energía es baja (horas valle). El ciclo es, por tanto, cerrado. El proceso de transformación que tiene lugar es el siguiente: energía potencial → energía cinética → → energía mecánica → energía eléctrica

Características más destacables	Imágenes	Inconvenientes y riesgos
■ Utilizan calderas multitubulares de pequeño volumen de agua y gran cámara de combustión, para que el cambio de estado (líquido-gas) se produzca con gran rapidez y elevado aprovechamiento energético. ■ El vapor de agua que se introduce en la etapa de alta presión de la turbina es vapor seco (no saturado) que se encuentra a 600 °C aproximadamente. ■ El sistema empleado en la alimentación de agua es de ciclo cerrado y de **calentamiento regenerativo:** el vapor de salida de la turbina se aprovecha para precalentar el agua de entrada en la caldera. ■ Tienen gran potencia (200 MW-400 MW) y sus rendimientos son medios (50 %).		■ La quema de combustibles fósiles genera **contaminación atmosférica:** partículas en suspensión, metales pesados y gases, como el monóxido de carbono. ■ Desprenden, además, grandes cantidades de CO_2 y de óxidos de azufre y nitrógeno, gases responsables del **efecto invernadero** y de la **lluvia ácida.** ■ Necesitan grandes cantidades de agua para refrigeración, que luego retorna caliente al medio acuático, provocando alteraciones bioclimáticas en el mismo.
■ La rentabilidad en la producción de energía es elevada (la fisión de 1 g de uranio proporciona una energía de 24 MW · h, correspondiente a la fisión de más de 2 600 billones de núcleos). ■ La estructura de una central de fisión nuclear es muy similar a la de una central térmica de vapor, si exceptuamos el tipo de **combustible** utilizado y la sustitución de la caldera por el **reactor.** ■ La reacción en cadena que tiene lugar en el interior del reactor debe estar controlada en todo momento mediante materiales **moderadores** (que rebajan la velocidad de los neutrones), **absorbentes** (que regulan las reacciones nucleares en cadena, absorbiendo los neutrones sobrantes) y **reflectores** (que evitan la fuga de neutrones al exterior). ■ La potencia producida es elevada (por ejemplo, la central nuclear de Vandellòs II tiene una potencia de 1 081 MW). ■ Los reactores con mayor implantación son los de **agua en ebullición** (BWR, del inglés *Boiling Water Reactor*) y los de **agua a presión** (PWR, del inglés *Pressurized Water Reactor*).		■ Generan **residuos de alta** y **baja actividad** muy peligrosos, cuya radiactividad se mantiene durante miles de años. Dichos residuos se almacenan en fosas marinas (con el consiguiente riesgo de fugas al cabo del tiempo) y bajo tierra (en zonas geológicamente estables). ■ Aunque suceden raramente, los accidentes de las centrales pueden tener consecuencias muy graves y duraderas. ■ Con el agua de refrigeración del condensador sucede lo mismo que en las centrales térmicas. ■ En las centrales BWR, el vapor de agua sale directamente del reactor, con lo que tiene actividad radiactiva. Para evitar fugas, es preciso encerrar el reactor, la turbina y el alternador en un recinto blindado. ■ La actividad de la industria nuclear ha facilitado la proliferación de armas nucleares, suministrando el uranio y el plutonio necesarios para tal industria.
■ Generan energía eléctrica de forma limpia y relativamente barata. ■ La presa permite la regulación del caudal del río y sirve de contención al agua almacenada en el embalse, que, además, constituye una reserva para el consumo o para el riego de tierras de cultivo. ■ Las centrales grandes tienen una potencia relativamente alta y presentan un buen rendimiento. ■ La instalación de centrales de pequeño tamaño, tanto de agua fluente como de pequeño salto, ofrece la posibilidad de autoabastecimiento de energía eléctrica a pueblos y comarcas de pequeña población. ■ Las minicentrales proporcionan una energía renovable, con bajo impacto ambiental y reducidos costes de explotación, y su funcionamiento puede automatizarse totalmente mediante sistemas de telemando. ■ En España hay censadas 662 instalaciones minihidráulicas y microhidráulicas, con una potencia total instalada de 1 270 MW, que equivale al consumo de 1 100 000 familias.		■ Las presas alteran profundamente el ciclo natural de las aguas de los ríos. ■ Las construcciones de grandes presas, los desvíos de cauces y los espacios inundados suponen una grave alteración del medio natural. ■ Existe un riesgo de inundaciones por rotura o accidente en la presa. ■ Los grandes embalses alteran el ecosistema (flora y fauna) de la zona y frecuentemente obligan a reubicar pueblos y ciudades enteros.

Centrales eléctricas no convencionales

Fuente de energía		Tipos de central y clasificación	Esquema	Funcionamiento
NO CONVENCIONAL O ALTERNATIVA	Renovables	**Solar** Según el proceso de transformación: ■ Térmica: • Colectores solares. • Helióstatos. • Hornos solares. ■ Fotovoltaica.		Los **colectores** son paneles que absorben la energía solar que reciben y calientan con ella el fluido que circula por debajo. Los **helióstatos** y los **hornos solares** proyectan las radiaciones térmicas del Sol sobre una caldera en la que se calienta un fluido. En un intercambiador de calor se produce el vapor de agua que hace girar una turbina y que mueve un alternador para generar electricidad. En las centrales fotovoltaicas, las radiaciones luminosas del Sol se transforman directamente en energía eléctrica mediante un proceso que tiene lugar en las denominadas **células solares.**
		Eólica Según el número y distribución de los aerogeneradores: ■ Generadores aislados. ■ Parques eólicos.		Los generadores eólicos transforman la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación a través de una turbina eólica. El alternador transforma esta energía en electricidad. Puede generarse energía eólica en dos tipos de instalaciones: en **centrales** o **parques eólicos** formados por numerosas torres dotadas de aerogeneradores que suministran energía eléctrica a la red, o en **generadores aislados,** de tamaño reducido, para el suministro de pequeñas instalaciones.
		Biomasa Según el proceso de transformación: ■ Termoquímico. ■ Bioquímico.		En una central de biomasa se queman residuos de materia orgánica de origen vegetal (agrícolas, forestales) o animal, así como residuos industriales y urbanos previamente tratados (RSU) y **biocombustibles,** como el biogás, el etanol o el metanol. La energía obtenida en dicha combustión se emplea para producir vapor de agua y hacer girar un grupo turbina-alternador, encargado de generar energía eléctrica.
		Geotérmica Según el tipo de aprovechamiento: ■ De producción de agua caliente. ■ De producción de electricidad.		Para aprovechar el calor interno de la Tierra, se utilizan dos técnicas diferenciadas. La primera de ellas consiste en practicar una perforación que permita la salida del agua caliente existente en el subsuelo. En la segunda se practican dos perforaciones; por una se inyecta agua fría hasta el foco magmático del subsuelo, mientras que por la otra se extrae vapor de agua. Este pone en movimiento una turbina de vapor y un alternador, que realizan la transformación de energía.
		Maremotriz		Las mareas, consecuencia de los efectos de atracción conjuntos del Sol y de la Luna sobre la Tierra, producen el movimiento de grandes masas de agua que se pueden emplear para accionar turbinas hidráulicas. Durante la subida, se deja entrar agua en el estuario a través de unos conductos; cuando comienza la bajada, se cierran dichos conductos y se abren los de salida, donde se hallan los grupos turboalternadores.

Características más destacables	Imágenes	Inconvenientes y riesgos
■ La potencia generada y el rendimiento energético de los hornos solares y los campos de helióstatos son bajos. ■ Los paneles fotovoltaicos se forman conectando en serie múltiples células solares de silicio. Se pueden obtener tensiones de salida de 6 V, 12 V, 18 V y 24 V, y una potencia de entre 3 W y 120 W. Generan corriente continua, que, mediante dispositivos **inversores**, se convierte en corriente alterna. En la actualidad, estas pequeñas instalaciones pueden conectarse a la red de distribución de baja tensión (BT) y suministrar energía a la misma (5 kW-50 kW).		■ La solar es una fuente de energía difusa, irregular e intermitente. ■ Las centrales solares presentan bajos rendimientos. ■ La fabricación de paneles fotovoltaicos resulta muy cara y en ella intervienen productos tóxicos (estructuras de aluminio, polímeros de los recubrimientos, etcétera). ■ Las centrales ocupan grandes superficies y suponen un gran impacto visual, además de producir reflejos molestos.
■ Los aerogeneradores están formados por las aspas (suelen ser tres), un mecanismo de orientación, un mecanismo multiplicador de velocidad, un sistema de frenado y el generador eléctrico (alternador). ■ La potencia total y el rendimiento de un parque eólico dependen de su situación (cantidad de horas de viento y velocidad) y del número de aerogeneradores instalados. El rango útil de velocidades del viento oscila entre 20 km/h y 100 km/h ($P_{nominal}$ = 660 kW a 45 km/h). ■ La potencia de una central eólica actual se sitúa en torno a los 50 MW.		■ El viento constituye una fuente de energía dispersa, intermitente y aleatoria. En consecuencia, los rendimientos son bajos. ■ Los parques eólicos producen una alteración notable del paisaje. ■ Presentan niveles de ruido elevados. ■ Suponen un peligro para las aves, que en ocasiones chocan contra las hélices; además, los parques eólicos pueden alterar su curso migratorio.
■ La recuperación selectiva de los residuos sólidos comprende el reciclado de algunos productos, la obtención de abono orgánico **(compost)**, la incineración de residuos para generar energía eléctrica y el tratamiento final de los residuos no recuperables. Este tratamiento forma parte del proceso termoquímico de utilización de la energía acumulada en la biomasa. ■ El proceso bioquímico consiste en la transformación de los residuos orgánicos y de los cultivos energéticos con el fin de obtener biocombustibles.		■ En algunos procesos de tratamiento de la biomasa, como la incineración, se generan pequeñas cantidades de sustancias potencialmente peligrosas, como las dioxinas. ■ En la incineración de materia orgánica se emite CO_2, el principal gas de efecto invernadero. ■ Se producen molestias por malos olores en las inmediaciones de las plantas de tratamiento y en las centrales.
■ La energía geotérmica se puede aprovechar directamente en forma de agua caliente ($T < 150$ °C) para uso sanitario, en sistemas de calefacción, en termas y en procesos industriales, y de modo indirecto, utilizando el vapor de agua emergente ($T > 150$ °C) para la producción de energía eléctrica. ■ Su estructura y funcionamiento son similares a los de una central térmica, pero en este caso la caldera es sustituida por el sistema de extracción del calor interno. ■ La central de Geysers (California) es capaz de producir 500 MW.		■ En ocasiones se emiten gases nocivos, como el ácido sulfhídrico, y radiactivos, como el radón. ■ En las instalaciones geotérmicas existe riesgo de movimientos de tierra.
■ En algunas zonas de la costa francesa e inglesa, la diferencia de nivel entre la **bajamar** (marea baja) y la **pleamar** (marea alta) alcanza en ocasiones los 10 m; es posible, así, utilizar diques o presas para retener el agua cuando la marea se encuentra en su punto más alto. ■ La potencia de la central de La Rance (la única actualmente en funcionamiento) es de 240 MW (máxima diferencia de alturas: 8,5 m).		■ Se trata de una fuente de energía difusa e irregular. ■ Los costes de construcción de una central son muy altos, y los rendimientos, bajos. ■ Las centrales producen un importante impacto paisajístico y una alteración del ecosistema de la zona.

5 El problema medioambiental

Te interesa saber

Una central de fisión nuclear de 1 000 MW genera anualmente unas 25 t de material radiactivo. De ellas, 200 kg corresponden a plutonio, cuya radiactividad solo decae al cabo de cientos o miles de años.

Durante milenios, la humanidad ha hecho un uso indiscriminado de los medios naturales que estaban a su alcance. Aunque toda actividad humana implica inevitablemente una alteración del medio natural, solo en los últimos años se ha constatado de forma palpable que los recursos del planeta son limitados y que la transformación del medio natural tiene consecuencias muy negativas para todos los seres vivos que habitan la Tierra.

En particular, y tal como se ha visto en las páginas precedentes, la generación de energía eléctrica en las grandes centrales de producción tiene graves repercusiones sobre el entorno. Es tarea de todas las sociedades, y en especial de las más desarrolladas, encontrar el modo de conciliar el desarrollo con el medio ambiente.

En la Unión Europea, el porcentaje de energía consumida procedente de recursos no renovables se sitúa alrededor del 95 %. Para el año 2010, el *Libro blanco de la energía* prevé que las energías renovables aporten un 10 % del total de la energía consumida.

5.1. Desarrollo sostenible

El **desarrollo sostenible** exige, entre otras medidas, un modelo energético basado en la **eficacia,** el **ahorro** y la **diversificación de las fuentes de energía.** La investigación y el desarrollo de tecnologías energéticas emergentes, la mejora de las redes de transporte, la búsqueda de nuevas fuentes de energía limpias y la optimización de las ya existentes son factores decisivos para alcanzar los retos del futuro en el ámbito de la generación, el transporte y el consumo de energía eléctrica.

Los nuevos procedimientos de obtención de energía deben perseguir, además de la eficacia productiva, el desarrollo de procesos de transformación que no agoten los recursos naturales y la reducción de la contaminación atmosférica, radiactiva y de otros agentes nocivos. Para lograr estos objetivos, se pueden adoptar, entre otras, las siguientes medidas:

- **Uso más eficaz de la energía,** para lo que se han de potenciar técnicas de ahorro energético y poner en práctica hábitos de vida más acordes con el cuidado del medio natural.
- **Reducción del consumo** de objetos manufacturados, mediante la sustitución del actual modelo de «usar y tirar» por el de «usar, reutilizar y reciclar».
- **Implantación y utilización de las energías renovables** o limpias, especialmente la eólica, la fotovoltaica, la de la biomasa y la del hidrógeno, y desarrollo en la industria de técnicas de **cogeneración,** que reaprovechen los excedentes de energía térmica para producir electricidad.
- La **arquitectura bioclimática,** que permite introducir sistemas de aprovechamiento pasivos y activos en el diseño y construcción de viviendas y edificios, y es capaz de reducir hasta el 50 % de la demanda de energía.

Vivienda construida según principios bioclimáticos.

El *efecto invernadero*

La siguiente relación muestra las cantidades de CO_2 (gas responsable del **efecto invernadero**) emitidas a la atmósfera por diferentes agentes:

- Coches: 2,2 kg/L
- Autocares: 0,6 kg/km
- Avión: 0,7 kg/km
- Central térmica: 0,7 kg/kW · h
- Gasóleo para calefacción: 2,2 kg/L
- Gas natural: 0,16 kg/m^3
- Personas: 6,7 t/año

Por cada tonelada de CO_2 se necesita el equivalente a tres árboles para compensar su emisión a la atmósfera mediante **fotosíntesis.**

Con el fin de reducir las emisiones de CO_2, es fundamental implantar políticas serias de ahorro energético. Entre otros beneficios, cada kW · h no consumido evita la emisión al medio ambiente de 0,7 kg de CO_2.

6 Transporte y distribución de energía eléctrica

Te interesa saber

El tendido de las líneas de transporte en alta tensión (AT) es aéreo, el de las líneas de media tensión (MT) puede ser aéreo o subterráneo, y el de las líneas de baja tensión (BT) suele ser subterráneo.

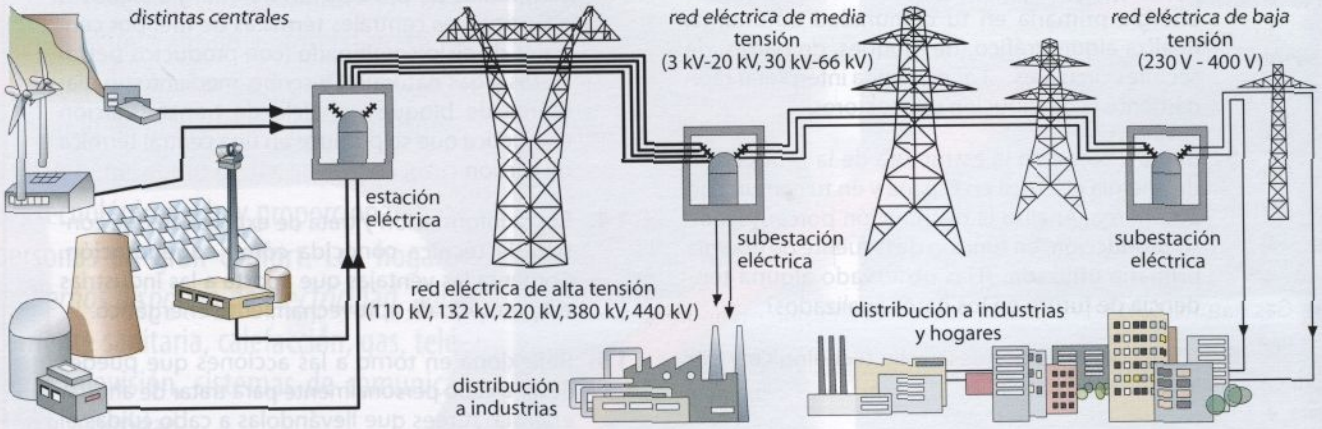
Central transformadora.

La energía eléctrica no se puede almacenar. Por ello, es necesario transportarla al instante desde los centros de producción hasta los de consumo.

La energía eléctrica que se obtiene en las centrales eléctricas se genera en media tensión (entre 12 kV y 16 kV) en los alternadores. Para reducir pérdidas eléctricas y costes en los tendidos, se transporta en alta tensión *hasta los grandes centros de consumo* (*ciudades, poblaciones, grandes* industrias...). Las redes de alta tensión, denominadas de primera categoría, transportan la electricidad a 110 kV, 132 kV, 220 kV, 380 kV o 440 kV.

En las **subestaciones,** el voltaje se vuelve a reducir a media tensión (3 kV-20 kV, 30 kV-66 kV), y desde allí la electricidad se distribuye hasta los **centros de transformación,** de los cuales arranca la red de distribución en baja tensión (230 V-400 V) para abastecer a los distintos centros de consumo (viviendas, industrias, locales, servicios...).

El elemento que facilita las elevaciones y reducciones de voltaje necesarias para los distintos tramos de la red eléctrica de transporte y distribución es el **transformador.**

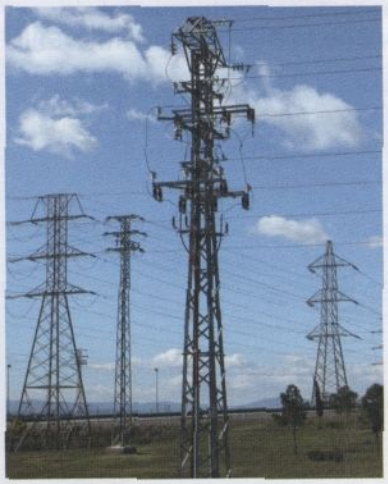


Representación esquemática del transporte y distribución de la energía eléctrica.

6.1. Repercusiones medioambientales

El transporte y distribución de la energía eléctrica también actúa de forma negativa sobre el medio ambiente:

- Se produce un impacto ecológico y paisajístico: el tendido de líneas y las estaciones de transformación rompen la integridad territorial del paisaje y producen deforestación.
- Hay riesgo de incendio provocado por la caída accidental de cables sobre la vegetación.
- Existe peligro de electrocución para las aves, especialmente en las líneas de distribución aéreas (voltajes inferiores a 66 kV).
- A pesar de que la comunidad científica aún no se ha puesto de acuerdo sobre los posibles efectos de los campos magnéticos creados por las líneas de alta tensión y de las estaciones transformadoras, algunos estudios informan sobre la desaparición de ciertas especies animales del entorno de dichas líneas y una mayor incidencia de determinados trastornos (dolores de cabeza, insomnio, amnesia, estrés...) en los trabajadores de las estaciones transformadoras.



Las torres de alta tensión suponen un fuerte impacto visual y son causa de deforestación.

Actividades

1. Confecciona una lista de las acciones que realices a lo largo de un día lectivo y para las que precises energía.

2. Se proyecta construir un montacargas en el aula taller de tecnología. Calcula su rendimiento energético sabiendo que, para desplazar una carga de 2 kg hasta una altura de 150 cm, emplea un tiempo de 30 segundos, y que el voltaje aplicado al motor de corriente continua instalado es de 9 V y la corriente que absorbe cuando está subiendo la carga es de 0,4 A.

3. Un lavavajillas cuya potencia eléctrica es de 1,7 kW (la temperatura del agua caliente es de 50 °C) tarda una hora y diez minutos en realizar el lavado de una vajilla completa. Si el coste de la energía eléctrica que consume es de 8,1587 cent/kW · h, ¿a cuánto asciende el coste económico de dicho lavado?

4. Busca y analiza la estructura del consumo de energía primaria en tu comunidad autónoma. Realiza algún gráfico (de bloques, de barras, de sectores circulares…) que permita interpretar rápidamente la distribución por sectores.

5. Busca y comenta la estructura de la producción de energía eléctrica en España y en tu comunidad autónoma. Analiza la distribución porcentual de su producción, en función de la fuente de energía primaria utilizada. ¿Has observado alguna tendencia de futuro en los datos analizados?

6. ¿Qué entiendes por desarrollo tecnológico y por impacto ambiental?

7. Confecciona una lista de las fuentes de energía renovables y no renovables que conozcas. Comenta los efectos de su aprovechamiento sobre el medio ambiente.

8. Para obtener algunos tipos de energía, se queman combustibles fósiles, lo que produce una emisión de CO_2 a la atmósfera. Este gas es el principal responsable del **efecto invernadero.** Explica en qué consiste dicho efecto y justifica los aspectos positivos y negativos que tiene para la vida en el planeta.

9. ¿Qué diferencias encuentras —desde el punto de vista de la repercusión medioambiental— entre una gran central hidráulica y una minicentral hidroeléctrica?

10. Piensa en el papel que pueden desempeñar las energías renovables en zonas aisladas o en países en vías de desarrollo. A continuación, comenta los resultados de tu análisis.

11. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas y justifica tus respuestas:

- En una central se crea energía eléctrica.
- La energía nuclear utiliza recursos renovables para su transformación en energía eléctrica.
- La altura del salto de agua en una central hidráulica influye decisivamente en la potencia que genera.
- Los paneles fotovoltaicos transforman la energía térmica procedente del Sol en energía eléctrica.

12. Busca información sobre la transformación a que se somete la energía procedente del Sol en paneles fotovoltaicos, helióstatos y colectores solares. Describe en qué consisten esas tres tecnologías de transformación de la energía solar e indica la energía final que proporciona cada una de ellas.

13. ¿Qué razones han podido llevar a las grandes compañías de producción de energía eléctrica a sustituir las centrales térmicas de fuel por centrales de ciclo combinado (con productos petrolíferos y gas natural)? Describe, mediante un diagrama de bloques, el ciclo de transformación energética que se produce en una central térmica de carbón.

14. Busca información y trata de explicar en qué consiste la técnica conocida como **cogeneración.** Comenta las ventajas que aporta a las industrias este método de aprovechamiento energético.

15. Reflexiona en torno a las acciones que puedes llevar a cabo personalmente para tratar de ahorrar energía. ¿Crees que llevándolas a cabo cuidas el medio ambiente? ¿De qué forma?

16. Imagina que pudieras participar en el diseño de tu casa antes de su construcción. ¿Qué técnicas de ahorro y gestión de la energía introducirías en su diseño? Señala qué ventajas aporta cada una de esas técnicas con respecto a las convencionales.

17. ¿Por qué se transporta la electricidad en alta tensión? ¿Qué máquina se utiliza para elevar hasta la tensión de transporte el voltaje que se genera en el alternador de la central?

18. Busca información acerca del hidrógeno como fuente de energía. ¿Qué tipos de aprovechamiento del hidrógeno has encontrado? Descríbelos brevemente.

19. Explica el funcionamiento de tres sistemas de calefacción diferentes, analiza su fuente de energía e indica las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

4 La instalación eléctrica en las viviendas

La vivienda, como entorno que proporciona abrigo y protección, se ha ido desarrollando y perfeccionando a lo largo de la historia. Sus instalaciones se han beneficiado de los sucesivos avances tecnológicos y hoy proporcionan a las personas un gran confort. Los hogares modernos disponen de electricidad, agua corriente sanitaria, calefacción, gas, teléfono, televisión, sistemas de comunicación y seguridad...

En los últimos cincuenta años se ha pasado de la utilización de la electricidad casi exclusivamente como fuente de luz a su aplicación en la realización de todo tipo de trabajos cotidianos. La vida doméstica sería impensable en la actualidad sin el empleo de la energía eléctrica.

Ahora bien, el acceso a estas comodidades no es igual para todos. Existe una gran parte de la población mundial para la que disponer de electricidad en sus viviendas es un lujo inaccesible. Nuestra condición privilegiada debe animarnos a hacer un uso responsable de los recursos y, en particular, de la energía eléctrica.

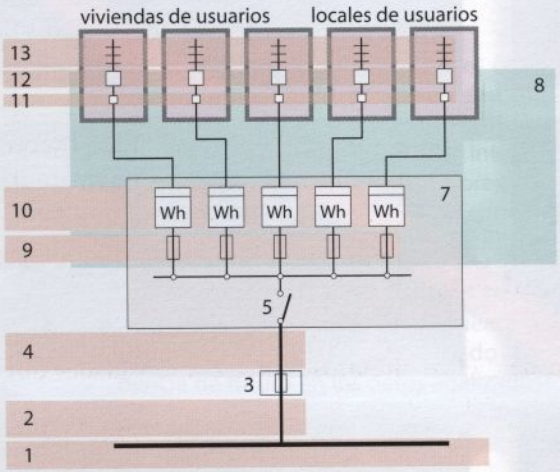
1 Instalación eléctrica en los edificios

Te interesa saber

Algunos edificios de viviendas, debido a su elevada demanda de potencia, disponen de un centro de transformación propio. En este caso, la acometida conecta el primario del transformador con la red de distribución de media tensión trifásica subterránea, mientras que del secundario parten, a través de las redes de enlace, las conexiones a las instalaciones de los abonados.

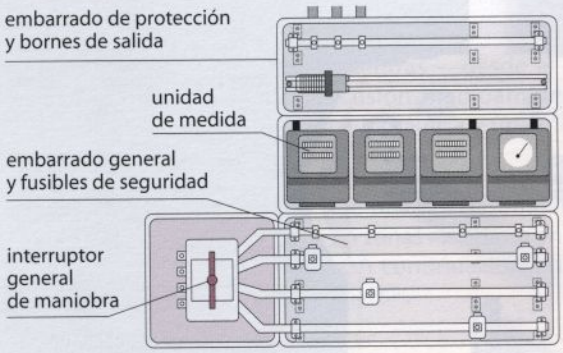
Todas las instalaciones de las viviendas están sujetas a una normativa específica que regula su ejecución y puesta en servicio. La instalación eléctrica debe cumplir lo preceptuado en el vigente *Reglamento electrotécnico de baja tensión* (REBT), que contempla los edificios de viviendas como un lugar de consumo de energía eléctrica y establece a lo largo de sus artículos e instrucciones técnicas complementarias (ITC) las directrices básicas para ejecutar las instalaciones de forma correcta, garantizando con ello la seguridad de sus futuros usuarios y de la propia instalación.

La conexión entre la red de distribución de baja tensión pública y el **cuadro general de mando y protección** (CGMP) de cada vivienda o local se realiza a través de la **acometida** y de la **instalación de enlace.** A continuación, se muestran los elementos que forman parte de una instalación de enlace en un edificio de viviendas, con los contadores concentrados en un solo punto:



1 Red de distribución
2 Acometida
3 Caja general de protección
4 Línea general de alimentación
5 Interruptor general de maniobra
6 Caja de derivación (para contadores centralizados en más de un lugar)
7 Emplazamiento de contadores
8 Derivación individual
9 Fusible de seguridad
10 Contador
11 Caja para interruptor de control de potencia
12 Dispositivos generales de mando y protección
13 Instalación interior

Instalación de enlace en un edificio (contadores centralizados).



Módulo para centralización de contadores.

Elemento	Descripción
Acometida	Es una línea que forma parte de la instalación de la red de distribución y que alimenta la caja o cajas generales de protección (CGP). Puede ser aérea o subterránea.
Caja general de protección (CGP)	En ella se alojan los elementos de protección (fusibles) de la línea general de alimentación. Se instala preferentemente en las fachadas exteriores de los edificios.
Línea general de alimentación (LGA)	Es la línea que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores del edificio.
Derivaciones individuales (LDI)	Parte de la LGA y se encarga de suministrar energía eléctrica a la instalación de un usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el equipo de medida y los dispositivos generales de mando y protección.
Emplazamiento de contadores	Es un recinto cerrado donde se instalan los elementos para la medición de la energía eléctrica consumida en cada vivienda o local del edificio, así como los dispositivos de mando, control y protección de cada una de las derivaciones individuales.
Interruptor de control de potencia (ICP)	Se trata de un interruptor automático magnetotérmico que se instala para controlar que la potencia demandada por el consumidor no exceda de la contratada. Está precintado y su instalación es potestativa de la compañía suministradora.
Dispositivos individuales de mando y protección	Se encuentran en el interior de un cuadro próximo a la puerta de acceso a la vivienda y son los siguientes: ■ **Interruptor general automático** (IGA). Protege contra sobrecargas y cortocircuitos toda la instalación de la vivienda. ■ **Interruptor general diferencial** (IGD). Está destinado a la protección de las personas y de la propia instalación contra contactos indirectos de todos los circuitos. ■ **Pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos** (PIA). Protegen cada uno de los circuitos interiores de la vivienda contra sobrecargas y cortocircuitos.
Instalación de puesta a tierra	Se trata de una red independiente de las de energía, cuyo objetivo es proteger a las personas, derivando a tierra las corrientes de defecto. El conductor de protección está conectado con la toma de tierra del edificio a través de la línea de enlace con tierra y del borne principal de tierra. La unión es directa, sin fusibles ni protecciones.

2 Instalaciones interiores en viviendas

Las instalaciones de las viviendas están alimentadas por una red de distribución pública de baja tensión de 230 V en alimentación **monofásica** (dos conductores: fase y neutro) y de 230 V/400 V en alimentación **trifásica** (cuatro conductores: tres fases y neutro). Los circuitos de las instalaciones interiores son monofásicos, pues es el tipo de corriente que consumen prácticamente todos los electrodomésticos.

El REBT establece los grados de electrificación, el número de circuitos de la instalación interior y el número mínimo de puntos de utilización.

2.1. Grados de electrificación

Se contemplan dos tipos de electrificación en los edificios de viviendas: básica (con un máximo de 5 circuitos) y elevada (más de 5 circuitos). El **grado de electrificación básica** permite la utilización del alumbrado y de los aparatos electrodomésticos básicos. El **grado de electrificación elevada** está concebido para viviendas de gran tamaño ($S \geqslant 160\ m^2$) o con una previsión importante de aparatos electrodomésticos.

El **cuadro general de mando y protección** debe incorporar:

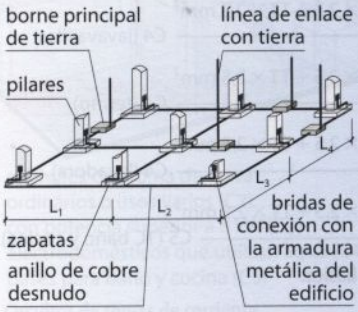
- Un interruptor automático general (IGA), de corte **omnipolar** (corta todos los conductores activos de la instalación), independiente del ICP, de intensidad nominal adecuada a la potencia instalada.
- Interruptores automáticos (PIA), de corte omnipolar, para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos cada circuito derivado.
- Un interruptor diferencial por cada cinco circuitos derivados, destinado a la protección de dichos circuitos frente a intensidades diferenciales (derivaciones) residuales de 30 mA como máximo.

En la siguiente tabla se resume lo prescrito en el REBT:

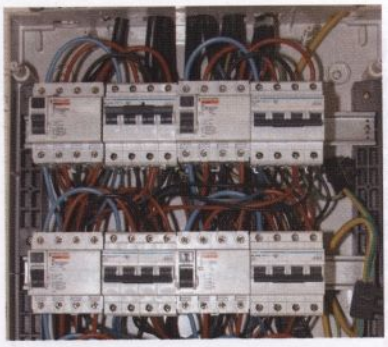
Grado	Potencia (W)	IGA (A)	Circuitos de utilización	Potencia prevista por circuito (W)	Tipo de toma	PIA (A)	Sección mínima del conductor (mm^2)	Diámetro del tubo (mm^2)
E. básica ($P \leqslant 5\,750$ W)	5 750	25	C1: iluminación	200	Punto de luz	10	1,5	20
			C2: tomas de uso general	3 450	Base 16 A (2 p + T)	16	2,5	20
			C3: cocina y horno	5 400	Base 25 A (2 p + T)	25	6	25
	7 360	32	C4: lavadora, lavavajillas y termo	3 450	Base 16 A (2 p + T)	20	4	20
			C5: baño, cuarto de cocina	3 450	Base 16 A (2 p + T)	16	2,5	20
E. elevada ($P \geqslant 9\,200$ W)	9 200	40	C6: circuito adicional del tipo C1 por cada 30 puntos de luz					
			C7: circuito adicional del tipo C2 por cada 20 tomas de corriente de uso general					
			C8: calefacción	5 750 por circuito		25	6	25
	11 500	50	C9: aire acondicionado	5 750 por circuito		25	6	25
			C10: secadora	3 450	Base 16 A (2 p + T)	16	2,5	20
			C11: automatización	2 300 por circuito		10	1,5	16
	14 490	63	C12: circuitos adicionales de los tipos C3 o C4 cuando se prevean, o del tipo C5 cuando el número de tomas de corriente exceda de 6					

Toma de tierra

La **toma de tierra** de un edificio de viviendas se suele instalar en las zanjas de cimentación, antes de iniciarse la construcción. Consta de un conductor desnudo dispuesto en forma de anillo cerrado que recorre el perímetro del edificio y al que se conectan electrodos o picas verticales clavados en el terreno. La estructura metálica del edificio se conecta a este anillo o a los electrodos.



2.2. Cuadro general de mando y protección



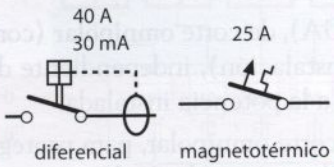
CGMP privado.

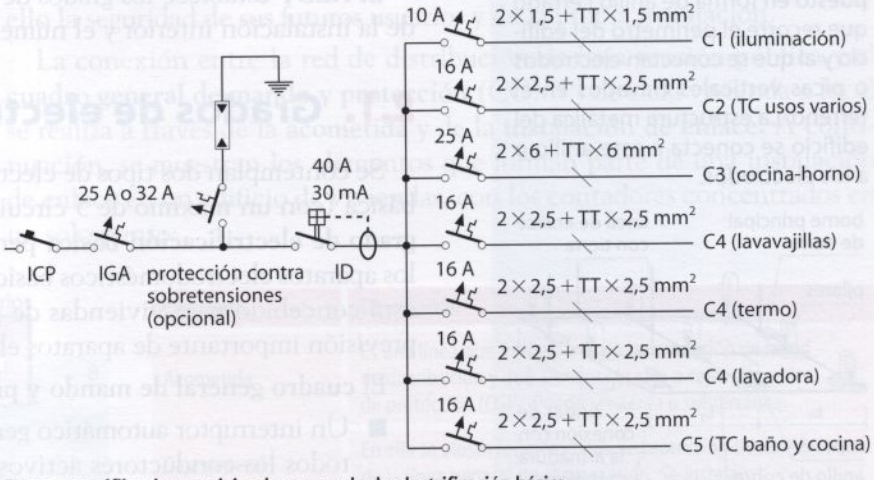
En el CGMP se encuentran los interruptores automáticos magnetotérmicos y los diferenciales destinados a la protección de las instalaciones y de las personas. Dispone, además, de bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

A modo de ejemplo, se exponen a continuación los esquemas unifilares de los cuadros correspondientes a una electrificación básica y a una elevada.

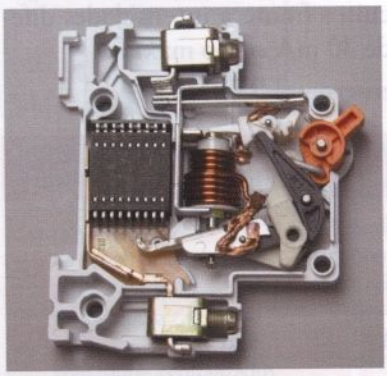
Recuerda

Los símbolos eléctricos de un interruptor automático diferencial y de un interruptor automático magnetotérmico son los siguientes:

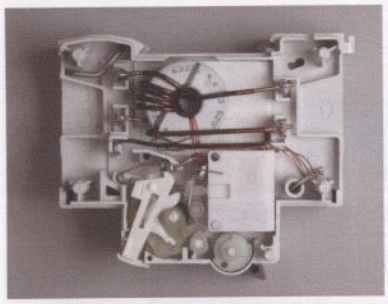




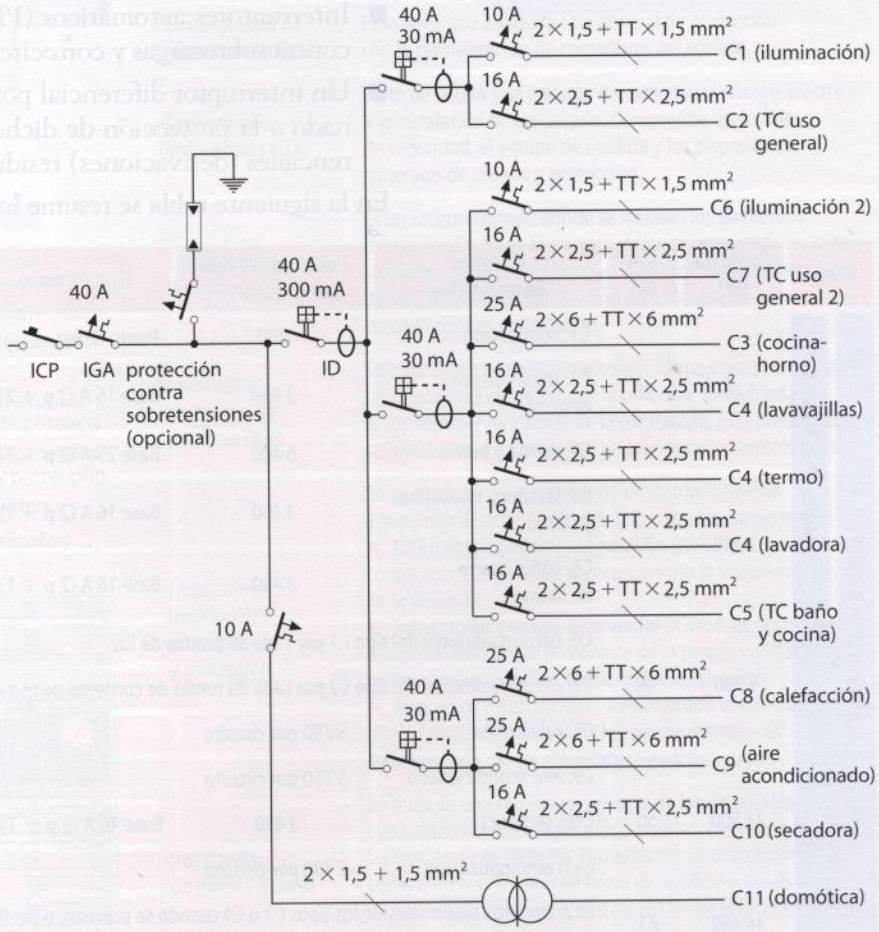
Esquema unifilar de una vivienda con grado de electrificación básica.



Interior de un interruptor automático magnetotérmico.



Interior de un interruptor automático diferencial.

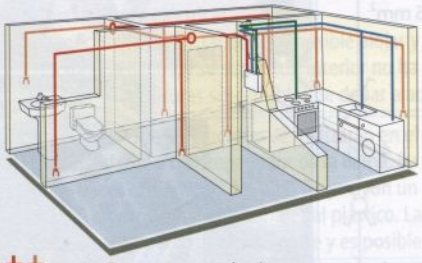


Esquema unifilar de una vivienda con grado de electrificación elevada.

2.3. Puntos de utilización mínimos

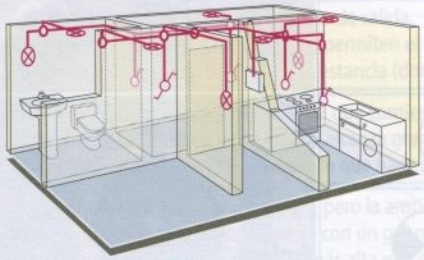
Entre los puntos de consumo de las instalaciones eléctricas de las viviendas se encuentran los siguientes: puntos de luz fijos, tomas de corriente o enchufes para puntos de alumbrado desplazable (10 A, 2 p + T), tomas de corriente para uso general (16 A, 2 p + T) o para diversos electrodomésticos, puntos de conexión o tomas para sistemas de aire acondicionado, calefacción…

El REBT establece los puntos mínimos de consumo para cada estancia (véase la tabla siguiente). Estos preceptos son de obligado cumplimiento.



enchufes con toma de tierra
- ordinarios o usos varios (C2)
- con potencia superior a 3 kW (C3)
- electrodomésticos que utilizan agua (C4)
- bases para baño y cocina (C5)

Circuitos de tomas de corriente.

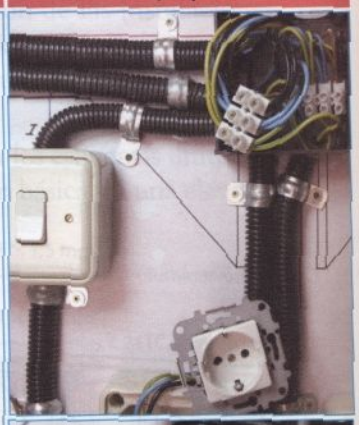
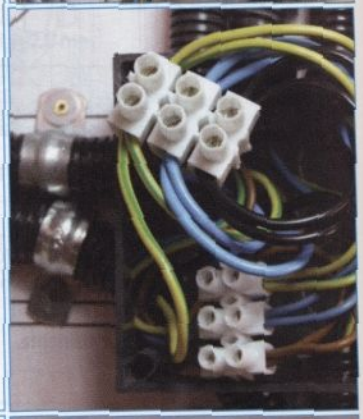
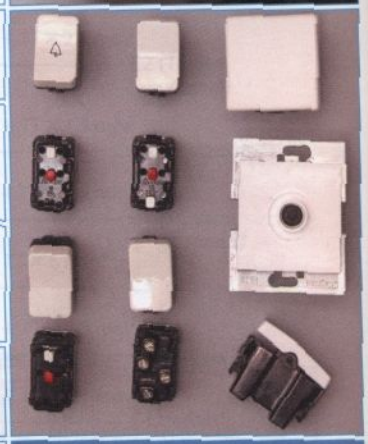


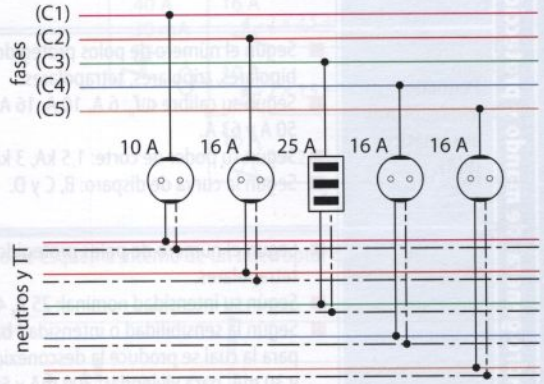
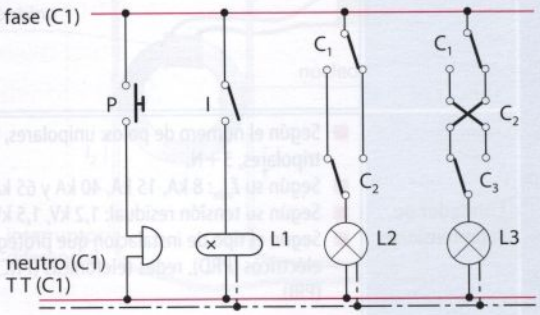
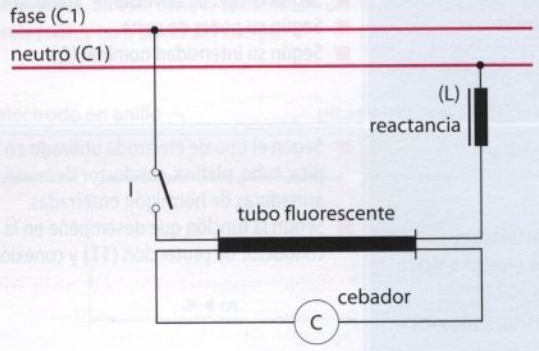
- punto de luz
- interruptor sencillo
- conmutador

Circuitos de alumbrado (C1).

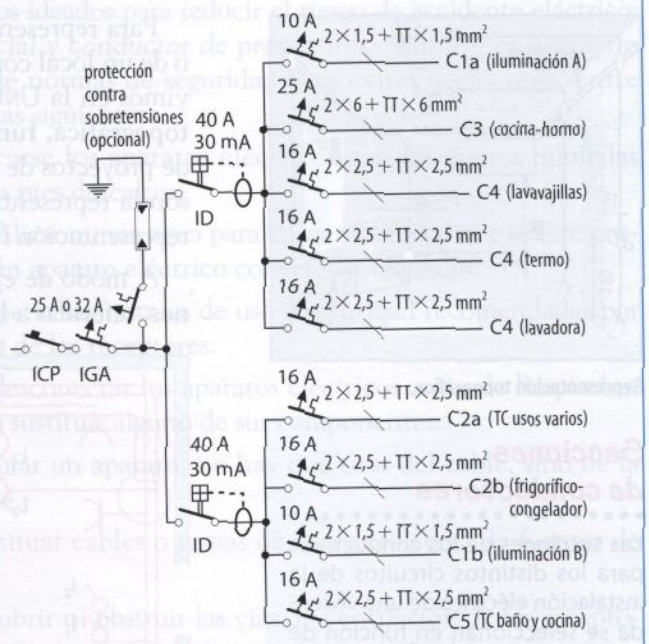
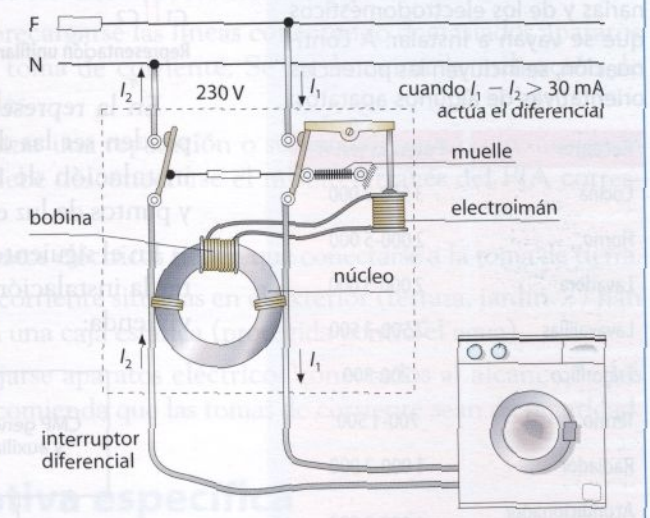
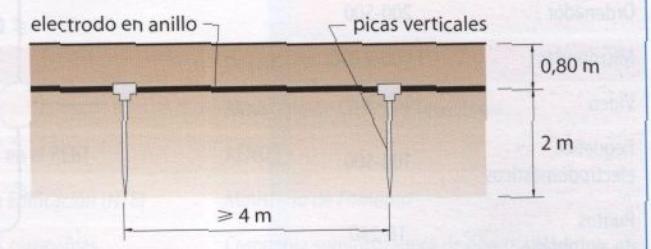
Estancia y circuito		Mecanismo	N.º	Superficie/longitud
Acceso	C1	Pulsador-timbre	1	
Vestíbulo	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	1	
Sala de estar o salón	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²) Uno por cada punto de luz
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	3	Uno por cada 6 m²
	C8	Toma de calefacción	1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²)
	C9	Toma de aire acondicionado	1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²)
Dormitorios	C1	Punto de luz Interruptor/conmutador de 10 A	1 1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²) Uno por cada punto de luz
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	3	Uno por cada 6 m²
	C8	Toma de calefacción	1	
	C9	Toma de aire acondicionado	1	
Baños	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	
	C5	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	1	
	C8	Toma de calefacción	1	
Pasillos o distribuidores	C1	Punto de luz Interruptor/conmutador de 10 A	1 1	Uno por cada 5 m de longitud Uno en cada acceso
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	1	Hasta 5 m (dos si $L > 5$ m)
	C8	Toma de calefacción	1	
Cocina	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²) Uno por cada punto de luz
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	2	Extractor y frigorífico
	C3	Base de enchufe de 25 A, 2 p + T	1	Cocina-horno
	C4	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	3	Lavadora, lavavajillas y termo
	C5	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	3	Encima del plano de trabajo
	C8	Toma de calefacción	1	
	C10	Base de enchufe de 16 A, 2 p+ T	1	Secadora
Terrazas y vestidores	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²) Uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y otros	C1	Punto de luz Interruptor de 10 A	1 1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²) Uno por cada punto de luz
	C2	Base de enchufe de 16 A, 2 p + T	1	Hasta 10 m² (dos si $S > 10$ m²)

3 Materiales y elementos utilizados en las instalaciones eléctricas

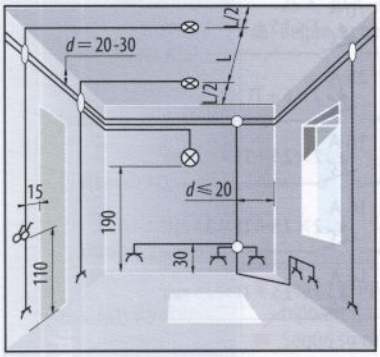
	Elemento	Tipos	Símbolo (esquema unifilar)	Ejemplos
Canalizaciones, elementos de conexionado y tomas de corriente	Cables eléctricos	■ Por su número de alambres: hilo ($S < 6$ mm^2), cuerda ($S > 6$ mm^2), filástica (varias cuerdas de hilos muy finos). ■ Por su rigidez: clase 1 (rígido, un solo alambre) a clase 6 (extraflexible). ■ Por el número de conductores: unipolares, multipolares. ■ Por el tipo de aislamiento: papel impregnado, plásticos (termoplásticos y termoestables) y elastómeros.	∅C2 = 20 mm ∅C1 = 16 mm C2 2×2,5 + TT×2,5 mm^2 C1 2×2,5 + TT×2,5 mm^2 2×1,5 + TT×1,5 mm^2	
	Canalizaciones	■ Tubo protector flexible o corrugado (instalaciones empotradas). ■ Tubo protector rígido moldeable en caliente (instalaciones de superficie). ■ Canales protectoras (montaje superficial).	2×1,5 + TT×1,5 mm^2	
	Cajas de conexionado y derivación	■ Cajas de empalme o derivación (montaje superficial, empotradas, estancas…). ■ Cajas de mecanismos. ■ Cajas de cuadros de mando y protección (montaje superficial, empotradas…).	4	
	Elementos de conexión	■ Bornes y regletas de conexión. ■ Terminales tipo *spade, fast-on*… ■ Portalámparas, portatubos, adaptadores…	4	
	Tomas de corriente o bases de enchufe	■ Base bipolar con contacto lateral de tierra tipo *Schuko* de 10 A/16 A, 250 V (uso general). ■ Base bipolar con contacto de tierra de 25 A, 250 V (cocina).	2×1,5 + TT×1,5 mm^2	
Elementos de control o maniobra	Pulsadores	■ Pulsadores 10 A, NC y NA. Telerruptores. ■ De superficie, empotrables. ■ Ciegos, con piloto de señalización.		
	Interruptores	■ Unipolares y bipolares de 10 A/16 A, 250 V. ■ Ciegos, con piloto de localización nocturna. ■ De superficie, empotrables, aéreos… ■ Detectores de movimiento, termostatos, temporizados…		
	Conmutadores	■ Conmutadores de 10 A/16 A, 250 V. ■ Ciegos, con piloto de localización nocturna. ■ De superficie, empotrables.		
	Conmutadores de cruzamiento	■ Cruzamientos de 10 A/16 A, 250 V. ■ Ciegos, con piloto de localización nocturna. ■ De superficie, empotrables.		
Lámparas	De incandescencia	■ Según su potencia: 25 W, 40 W, 60 W, 100 W y 200 W. ■ Según la forma de la ampolla. ■ Según el tipo de casquillo.		
	Halógenas	■ Según su voltaje y potencia. ■ Según el tipo de ampolla/reflector. ■ Según su aplicación (automóviles, espectáculos, decoración, museos…).	12 V 230 V	
	Fluorescentes	■ Según su potencia: 18 W, 20 W, 36 W, 40 W, 58 W y 65 W. ■ Según el tipo de tubo: lineales, circulares… ■ Según el elemento arrancador: conjunto cebador-reactancia, balasto electrónico…		
	De bajo consumo	■ Según su potencia: 9 W, 13 W, 18 W, 26 W y 32 W. ■ Según el tipo de ampolla protectora. ■ Según el tipo de casquillo.		

Características más destacables	Detalles y circuitos de aplicación
■ Son hilos metálicos de cobre (en viviendas, locales comerciales e industrias) o aluminio (en instalaciones industriales con elevada previsión de carga), recubiertos con una o varias capas de material aislante. Su misión es transportar la corriente eléctrica desde la fuente de energía eléctrica hasta los receptores. ■ En las instalaciones interiores de viviendas se utilizan conductores rígidos o flexibles de cobre con doble aislamiento de PVC de 450 V/750 V de tensión. No obstante, en otros puntos de la instalación se emplean conductores con aislamiento de polietileno reticulado (0,6 kV/1 kV), de poliolefinas o de neopreno. ■ La sección de los mismos va en función de la relación existente entre la intensidad de carga prevista y la intensidad máxima admisible por dicha sección, por un lado, y de la caída de tensión que se produce en la línea, por el otro.	Los conductores de una instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el de protección. Esta identificación se realiza a través del color del aislamiento de su cubierta. **Conductor** / **Coloración** Neutro: Azul Protección: Verde-amarillo Fase: Negro, Marrón, Gris
■ Proporcionan aislamiento eléctrico y protección mecánica a los cables conductores de las instalaciones eléctricas. ■ Deben tener un diámetro tal que sea posible alojar y extraer con facilidad los cables o conductores aislados, y su superficie interior no ha de presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar a aquellos.	Esquema multifilar con una toma de corriente en cada circuito de la vivienda. 
■ Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Su profundidad será, al menos, igual a 1,5 veces el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm. ■ Las cajas de mecanismos son de material plástico. Las de tipo «universal» pueden alojar elementos de cualquier fabricante y es posible ensamblar varias entre sí.	
■ No está permitida la unión de conductores para realizar empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de aquellos, sino que deberá llevarse a cabo utilizando bornes y regletas de conexión.	
■ Se utilizan en las instalaciones interiores de viviendas para la conexión a la red de alimentación de los receptores (electrodomésticos, puntos de luz…). ■ Disponen de dos terminales para el suministro eléctrico (fase y neutro) y de un terminal que sirve para conectar a tierra la masa de los receptores (TT).	
■ Permiten o impiden el paso de la corriente mientras se mantienen pulsados (NA o NC). ■ Hacen posible el accionamiento de timbres, motores de persianas…	Esquema multifilar con los diferentes accionamientos de un punto de luz que se instalan en las viviendas. 
■ Permiten o impiden el paso de la corriente mediante su accionamiento manual o controlado a través de algún sensor y del correspondiente circuito electrónico. ■ En las instalaciones de las viviendas permiten el control de un punto de luz desde una posición determinada de la estancia (cocina, aseo, terraza, balcón…).	
■ Permiten derivar la corriente eléctrica que entra por el borne común (C) a los bornes de salida de forma alternativa. ■ Con dos conmutadores se puede controlar el encendido de un punto de luz desde dos lugares distintos de la estancia (dormitorios, pasillo distribuidor, entrada).	
■ Disponen de dos bornes de entrada y dos de salida. ■ En combinación con dos conmutadores, permiten el encendido de un punto de luz desde tres o más lugares distintos de la estancia (dormitorio, pasillo distribuidor).	
■ Estas lámparas disponen de una ampolla que contiene un filamento de wolframio y un gas inerte (argón y nitrógeno), que alcanza gran temperatura (2 000 °C) al ser atravesado aquel por la corriente, lo que hace que se emita luz y calor.	Esquema multifilar del encendido de una lámpara fluorescente. 
■ Son muy similares a las incandescentes, pero la ampolla contiene esta vez un halógeno (por ejemplo, yodo), junto con un gas noble (como el argón). ■ La temperatura de funcionamiento es más alta que en las incandescentes, reproducen mejor los colores y tienen una vida más larga.	
■ Se trata de lámparas de descarga en un gas: la emisión de luz se produce por el paso de la corriente eléctrica a través de un gas noble (neón, argón) mezclado con vapor de mercurio. Son lámparas frías y con baja reproducción cromática. ■ Necesitan un equipo de arranque.	
■ Son lámparas fluorescentes que llevan incorporado el equipo de arranque (balasto electrónico) y que disponen de un casquillo de lámpara incandescente. ■ Emiten aproximadamente cuatro veces el flujo luminoso de una incandescente de la misma potencia y tienen una vida más larga.	

Elemento			Tipos	Símbolo (esquema unifilar)	Ejemplos
Elementos de protección y control	Cuadro general de mando y protección privado	Interruptor de control de potencia (ICP)	■ Según el tipo de suministro y su número de polos: unipolares, 1+N, bipolares, tripolares, tetrapolares. ■ Según su intensidad nominal (I_n), también llamada calibre: 25 A, 30 A, 35 A, 40 A, 45 A, 50 A, 55 A, 60 A y 63 A. ■ Según su poder de corte: 4,5 kA y 6 kA.		
		Interruptor general automático magnetotérmico (IGA)	■ Según el tipo de suministro y su número de polos: bipolares, tripolares, tetrapolares. ■ Según su calibre o intensidad nominal: 25 A, 32 A, 40 A, 50 A y 63 A. ■ Según su poder de corte: 4,5 kA, 6 kA y 10 kA. ■ Según la curva de disparo: B, C y D.		
		Pequeños interruptores automáticos (PIA)	■ Según el número de polos protegidos: DPN (1+N), bipolares, tripolares, tetrapolares. ■ Según su calibre o I_n: 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A y 63 A. ■ Según su poder de corte: 1,5 kA, 3 kA, 4,5 kA, 6 kA y 10 kA. ■ Según la curva de disparo: B, C y D.		
		Interruptor diferencial (ID)	■ Según el número de polos protegidos: bipolares, tetrapolares. ■ Según su intensidad nominal: 25 A, 40 A, 63 A, 80 A y 100 A. ■ Según la sensibilidad o intensidad base de fuga (I_S) para la cual se produce la desconexión automática: 10 mA y 30 mA, para viviendas; 300 mA y 500 mA, para usos industriales. ■ Según el tipo de temporización: instantáneo (viviendas), selectivo y regulable (usos terciarios en ambos casos).		
		Limitador de sobretensiones	■ Según el número de polos: unipolares, DPN (1+N), tripolares, 3+N. ■ Según su $I_{máx}$: 8 kA, 15 kA, 40 kA y 65 kA. ■ Según su tensión residual: 1,2 kV, 1,5 kV, 1,8 kV y 2 kV. ■ Según el tipo de instalación que protege: equipos eléctricos (PRD), redes telefónicas (PRC) e informáticas (PRI).		
	Fusible		■ Según su forma y tamaño: cilíndricos, de cuchilla, miniatura… ■ Según el tipo de envolvente: vidrio, cerámica. ■ Según su poder de corte. ■ Según su intensidad nominal (I_n).		
	Instalación de puesta a tierra		■ Según el tipo de electrodo utilizado en la toma de tierra: pica, tubo, pletina, conductor desnudo, placa, anillo, armaduras de hormigón enterradas. ■ Según la función que desempeñe en la instalación: conductor de protección (TT) y conexión equipotencial.		

Características más destacables	Detalles y circuitos de aplicación
■ Se trata de un interruptor automático de disparo rápido, cuyo calibre I_n se corresponde con la potencia contratada. Rebasada esa intensidad, produce la desconexión del cuadro de mando y protección a la red. No debe considerarse un elemento de protección ni de desconexión de la instalación. ■ Para el grado de electrificación básico ($P \geq 5\,750$ W), $I_n = 25$ A, mientras que para el elevado ($P \geq 9\,200$ W), $I_n = 40$ A. ■ El envolvente para el ICP ha de ser precintable. ■ En los suministros de tarifa nocturna se instala un contactor que cortocircuita el ICP durante las noches para evitar que salte por exceso de consumo. ■ En el caso de potencias contratadas cuya intensidad nominal es superior a 63 A, no se coloca un ICP; el control de potencia se efectúa mediante interruptores de intensidad regulable, maxímetros o integradores incorporados en el equipo de medida.	Ejemplo de esquema unifilar de cuadro general de control y protección de una vivienda con electrificación básica y circuitos desdoblados. 
■ Protege contra sobreintensidades y cortocircuitos el conjunto de la instalación interior de la vivienda mediante la acción combinada de un dispositivo térmico (sobrecarga ligera, pero de larga duración) y un dispositivo electromagnético (sobrecargas elevadas y cortocircuitos). Es independiente del ICP. ■ Siempre debe existir un interruptor general automático de corte omnipolar con poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo.	
■ Realizan la misma función que el interruptor general automático, pero con la diferencia de que cada uno protege de forma selectiva e independiente el circuito en el que se encuentra. El número de circuitos y, por tanto, de PIA depende del grado de electrificación de la vivienda. ■ Se instalan en la «cabecera» de cada circuito interior y son de corte omnipolar. ■ Su intensidad nominal debe tener el valor normalizado inmediatamente inferior al de la intensidad máxima admisible (I_z) de los conductores del circuito que protegen.	
■ Se trata de un interruptor automático destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos. Desconecta la instalación en el momento en que detecta una fuga o derivación de corriente superior a la sensibilidad (I_s) del dispositivo. La derivación puede producirse por contacto directo o a través de cualquier máquina o electrodoméstico. ■ Verifica que la diferencia entre la corriente que entra en la instalación y la que sale sea nula, en cuyo caso no actúa. Si dicha diferencia supera la sensibilidad del mismo, actúa abriendo sus contactos y desconectando la instalación de la red. ■ Su función fundamental es proteger a las personas frente a descargas. ■ En viviendas, todos los circuitos quedarán protegidos contra contactos indirectos mediante este tipo de protecciones, cuya intensidad diferencial residual máxima no debe superar nunca los 30 mA. ■ Dispone de un botón de prueba para verificar su estado de funcionamiento. ■ Su intensidad nominal debe ser igual o superior a la del IGA.	Ejemplo de esquema interno de un interruptor diferencial. 
■ Protege la instalación interior de la vivienda contra sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de descargas atmosféricas, conmutación de redes y defectos en las mismas (descargadores de tipo PRD). ■ Existen también descargadores de sobretensiones destinados a la protección de redes telefónicas (cuyo voltaje se sitúa entre 12 V y 48 V) y de redes informáticas o de datos (6 V) contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico (descargadores de tipo PRC y PRI).	
■ Protegen las instalaciones y los equipos eléctricos contra sobreintensidades y cortocircuitos. Cuando la corriente que pasa por el fusible es superior a su intensidad nominal (I_n), se genera más calor del que se puede evacuar y el filamento acaba fundiéndose. ■ Después de su fusión, debe reemplazarse por otro. ■ Las intensidades nominales de los fusibles que se utilizan en instalaciones domésticas son 4 A, 6,3 A, 10 A, 15 A, 20 A y 25 A.	Si tocamos un electrodoméstico que tiene alguna derivación a la carcasa metálica, podemos sufrir una descarga, a menos que la instalación incluya toma de tierra. En este caso, la corriente de derivación pasa por el cable de protección y no a través del cuerpo. 
■ La puesta a tierra es la unión directa de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. Permite el paso a tierra de las corrientes de defecto en la instalación. Se trata de una protección contra contactos indirectos. ■ Su objeto es eliminar la tensión eléctrica que pueda presentarse momentáneamente en las masas metálicas de los receptores, derivando a tierra las correspondientes corrientes de defecto. ■ Aseguran la actuación de las protecciones y eliminan o aminoran el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos.	

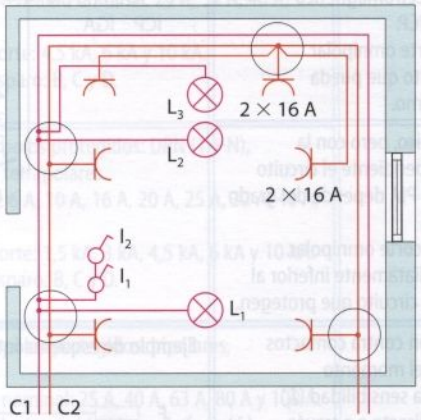
4 Representación esquemática y normas básicas



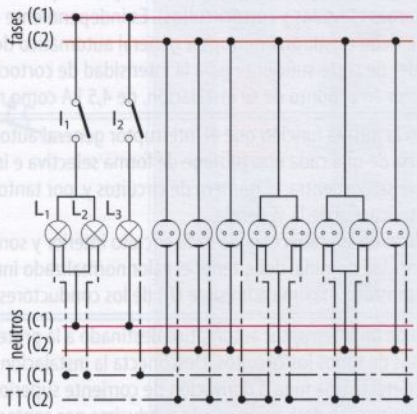
Representación topográfica.

Para representar gráficamente la instalación eléctrica de una vivienda o de un local comercial o industrial, se utilizan diversos sistemas. Como ya vimos en la UNIDAD 1, de entre todos ellos destacan las representaciones **topográfica, funcional** o **multifilar, unifilar** y **circuital.** En la confección de proyectos de instalaciones eléctricas, los sistemas de uso más frecuente son la representación unifilar sobre cada plano de planta del edificio y la representación funcional.

A modo de ejemplo, se muestran a continuación ambas representaciones, referidas a la estancia que figura en el margen:



Representación unifilar.



Representación funcional o multifilar.

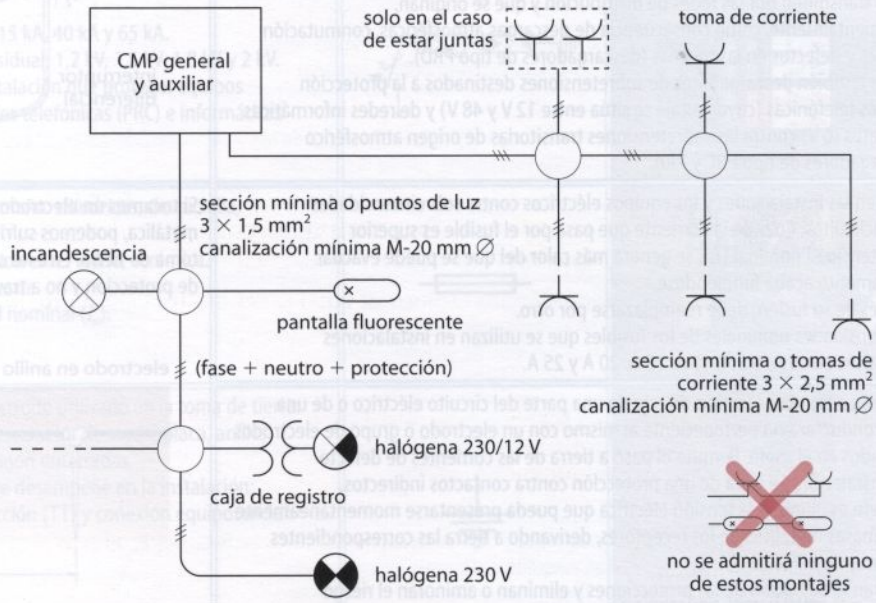
Secciones de conductores

Las secciones de los conductores para los distintos circuitos de la instalación eléctrica de una vivienda se seleccionan en función de la intensidad máxima que vaya a circular por ellos, teniendo en cuenta las potencias de las luminarias y de los electrodomésticos que se vayan a instalar. A continuación, se incluyen las potencias orientativas de algunos aparatos:

Receptor	Potencia (en W)
Cocina	3 500-7 000
Horno	2 000-5 000
Lavadora	2 000-3 000
Lavavajillas	2 500-3 500
Frigorífico	200-300
Termo	700-1 500
Radiador	1 000-3 000
Acondicionador de aire	1 000-2 500
Televisor	150-300
Aspirador	500-1 000
Plancha	500-800
Ordenador	200-500
Microondas	1 000-2 000
Vídeo	100-300
Pequeños electrodomésticos	100-500
Puntos de alumbrado	18-250

En la representación topográfica se observan algunos detalles, como pueden ser las distancias y las alturas que hay que tener en cuenta en la instalación de canalizaciones, cajas de registro, cajas de mecanismos y puntos de luz en techo o pared.

En el siguiente esquema unifilar se representa la forma correcta de ejecutar la instalación eléctrica para puntos de luz y tomas de corriente en una vivienda:



Ejecución de instalación eléctrica con puntos de luz y tomas de corriente.

5 Normas de seguridad

Las instalaciones eléctricas de baja tensión (400 V/230 V) incluyen dispositivos y elementos ideados para reducir el riesgo de accidente eléctrico: interruptor diferencial y conductor de protección. Aun así, es necesario adoptar una serie de normas de seguridad para evitar accidentes. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

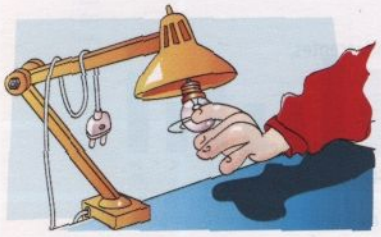
- No deben tocarse los aparatos eléctricos con las manos húmedas o sudadas o los pies descalzos.
- No hay que utilizar nunca agua para apagar un fuego que se esté produciendo en un aparato eléctrico conectado a la red.
- Es preciso respetar las normas de uso y seguridad recomendadas por los fabricantes de los receptores.
- Es necesario desconectar los aparatos eléctricos antes de limpiarlos, examinarlos o sustituir alguno de sus componentes.
- Para desenchufar un aparato, no hay que tirar del cable, sino de la clavija aislante.
- No se deben situar cables o tomas de corriente cerca de fuentes de calor.
- No hay que cubrir ni obstruir las vías de ventilación de los receptores eléctricos.
- Es necesario reparar inmediatamente los defectos en los aparatos e instalaciones eléctricos, recurriendo a profesionales cualificados.
- No deben sobrecargarse las líneas conectando demasiados aparatos a una misma toma de corriente. Se ha de evitar la utilización de tomas múltiples.
- Antes de realizar una reparación o sustitución en un circuito de la instalación, debe desconectarse el mismo a través del PIA correspondiente.
- Todos los aparatos eléctricos tienen que conectarse a la toma de tierra.
- Las tomas de corriente situadas en el exterior (terraza, jardín...) han de alojarse en una caja estanca (protegida contra el agua).
- No deben dejarse aparatos eléctricos conectados al alcance de los niños, y se recomienda que las tomas de corriente sean de seguridad.

Te interesa saber

A partir de 24 V, la corriente eléctrica puede representar un peligro para las personas. No obstante, el daño o lesión causado en un cuerpo depende de dos factores: la intensidad de corriente que pasa por el cuerpo y la duración de dicha corriente. Los efectos sobre el cuerpo humano, a 230 V y 50 Hz, son los siguientes:

I (en A)	*Efectos producidos*
0,01	Ligero cosquilleo.
0,02	Dolor. Los músculos de la mano se contraen.
0,07	Aparecen dificultades respiratorias.
0,1-0,2	Se produce fibrilación ventricular. Puede sobrevenir la muerte por arritmia cardíaca.
Más de 0,2	Se producen quemaduras y se interrumpe la respiración.

Con estos datos queda claro por qué la sensibilidad de los interruptores diferenciales instalados en las viviendas es de 30 mA como máximo.



Con el fin de evitar accidentes, es preciso respetar las normas de seguridad.

5.1. Normativa específica

Las instalaciones eléctricas han de regirse por las normas establecidas y ser realizadas por instaladores autorizados. Por su parte, los derechos y obligaciones del usuario y de la compañía suministradora están regulados por el REBT. En la tabla siguiente se indica el organismo emisor de las distintas normativas:

Normativa	Organismo emisor
REBT e ITC	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Normas UNE de referencia en el REBT	AENOR
Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE)	Ministerio de Fomento
Normas particulares de las compañías suministradoras	Compañía suministradora de energía eléctrica de la zona

6 Consumo responsable

Una de las maneras de reducir las repercusiones negativas que sobre el medio ambiente tienen la generación de energía eléctrica y el consumo de combustibles fósiles es hacer un uso responsable de la energía. En las viviendas se malgasta energía eléctrica a causa, fundamentalmente, de tres factores: hábitos inadecuados, equipos mal concebidos y defectos en el diseño y construcción (aislamientos deficientes, orientaciones incorrectas…). Existen, por tanto, dos vías para lograr una mayor eficacia energética: una relacionada con la **construcción** de las viviendas, y la otra con el **uso** de los aparatos y los equipos eléctricos. La **arquitectura bioclimática** aprovecha la energía solar de forma pasiva mediante la construcción de viviendas correctamente ubicadas y orientadas en su entorno natural.

Por lo que respecta a los hábitos de consumo, se detallan a continuación una serie de consejos para conseguir el máximo ahorro energético con muy poco esfuerzo. Algunos de ellos deberían tenerse en cuenta durante la construcción de la vivienda.

Las viviendas del futuro

La aplicación de la informática a la automatización y control de las instalaciones de la vivienda ha dado paso a lo que se conoce como **domótica** o tecnología de la **vivienda inteligente**, que mejora la seguridad y el confort e incorpora sistemas de notable ahorro energético.

Elemento	Técnicas de ahorro	Ahorro de energía
Aislamiento de la vivienda	■ Instalar ventanas con cristales dobles y cámara de aire, además de cierres estancos. ■ Aislar los techos y muros exteriores, utilizando preferentemente fibras naturales y compuestas (como fibra de vidrio y lana de roca) u otros materiales a base de celulosa o madera (ya que las espumas sintéticas utilizan gases perjudiciales para el medio ambiente). ■ Aislar las canalizaciones y depósitos de agua caliente.	50 % 30 %-60 % 60 %
Sistemas de climatización (calefacción y aire acondicionado) y agua caliente	■ Instalar termostatos que permitan regular la temperatura de cada estancia. ■ No abrir las ventanas con los sistemas de climatización encendidos (diez minutos al día son suficientes para ventilar la casa). ■ Cerrar las habitaciones (y los radiadores) que no se estén utilizando. ■ Situar las unidades exteriores del aire acondicionado en la zona sombreada del edificio. ■ Mantener los filtros de las unidades interiores siempre limpios. ■ Emplear sistemas de calefacción poco perjudiciales para el entorno: energía solar, biogás… ■ En el calentador de agua, regular la llama a la temperatura adecuada o situar el termostato entre 55 °C y 60 °C. Revisar periódicamente el estado de la caldera.	5 % (por cada °C) 15 % 30 %-80 %
Electrodomésticos en general	■ Buscar los que tienen la calificación A (etiquetado energético europeo), ya que son los que menos energía consumen. La elección resultará más fácil si se consulta su tarjeta energética. ■ Apagar los aparatos cuando no se estén utilizando.	40 %-80 %
Cocina y horno	■ Son más eficaces las cocinas y hornos de gas que las eléctricas. Si elegimos una cocina eléctrica, las más adecuadas son las vitrocerámicas de inducción. ■ No abrir la puerta del horno mientras esté funcionando.	60 %-70 %
Frigorífico	■ Situarlo lejos de las fuentes de calor. ■ Abrir las puertas el menor tiempo posible. Verificar que cierran herméticamente. ■ No introducir alimentos calientes en su interior. ■ No obstruir la ventilación de las rejillas traseras. ■ Ajustar el termostato a una temperatura no excesivamente baja.	15 % 5 % (por cada °C)
Lavadora y lavavajillas	■ Lavar preferentemente en frío. ■ Esperar a llenarlos para ponerlos en marcha. ■ Emplear los programas económicos y no centrifugar excesivamente la ropa.	70 %-92 %
Iluminación	■ Aprovechar al máximo la luz solar. ■ Apagar las luces que no estamos utilizando. ■ Instalar bombillas fluorescentes compactas de bajo consumo en lugar de incandescentes, especialmente en los lugares donde más tiempo van a ser utilizadas. ■ Los tubos fluorescentes más eficaces son los delgados de balasto electrónico.	80 %
Agua	■ Tratar y bombear el agua hasta las viviendas requiere mucha energía, por lo que debemos evitar un consumo innecesario, usando con sensatez un recurso en ocasiones muy escaso.	
Residuos	■ Reducir, reutilizar y reciclar por separado los diferentes residuos (papel, vidrio, metales…). ■ Evitar los productos de usar y tirar y los que están excesivamente embalados. ■ Evitar las pilas siempre que pueda utilizarse la electricidad de la red.	50 %-90 %

7 La factura de la electricidad

La compañía suministradora facilita al usuario la información sobre la energía eléctrica que se ha consumido en la vivienda y el importe correspondiente en un documento denominado **factura de la electricidad,** emitido cada dos meses. La medición de la energía eléctrica consumida la realiza el contador, y las tarifas eléctricas que se aplican son establecidas anualmente a través de una orden ministerial y publicadas en el *Boletín Oficial del Estado*. *La tarifa para baja tensión que se aplica normalmente* en viviendas es la **2.0.**

En cualquier factura de electricidad, además de los datos fiscales del cliente y de la empresa suministradora, debe figurar la forma de pago, la oportuna referencia a la aprobación oficial de las tarifas eléctricas y los datos del consumo, *que son básicamente los siguientes:*

- **Período.** Refleja las lecturas del contador en las fechas inicial y final, así como el resultado de la diferencia entre ambas, en kW · h.
- **Potencia contratada.** Se trata de un concepto fijo que se paga independientemente del consumo de energía.
- **Energía consumida.** Es la energía que se ha consumido durante el período de facturación.
- **Impuesto sobre la electricidad.** Incluye los costes económicos derivados de la moratoria nuclear, un canon de compensación a municipios donde se instalan centrales eléctricas, etcétera.
- **Alquiler de equipos de medida.** Se paga solo cuando se dispone de un equipo de medida alquilado a la compañía.
- **IVA.** Impuesto (16 %) que se aplica sobre la suma resultante de los conceptos anteriores.

Tarifa nocturna

La **tarifa nocturna** es una modalidad de contratación que reduce a más de la mitad el precio del consumo nocturno **(horas valle)** a cambio de un recargo de aproximadamente el 3 % en el diurno **(horas punta).**

Resulta más barata cuando la vivienda dispone de sistemas que pueden funcionar por la noche, como, por ejemplo, calefacción por suelo radiante o acumuladores de calor, depósitos aislados para la acumulación de agua caliente y programadores que permitan su regulación y puesta en marcha durante la noche, así como la de determinados electrodomésticos.

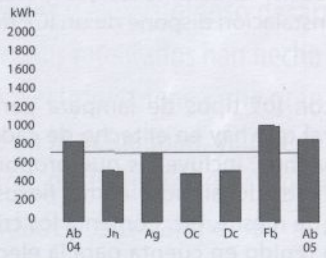
La franja horaria para el consumo nocturno varía en función de la época del año: en invierno va desde las 23 h a las 7 h, y en verano, desde las 24 h a las 8 h.

FACTURACIÓN

		euros
1. **Potencia contratada**	*4,4 kW x 2 meses x 143,614 cent. €/kW mes*	12,64
2. **Energía consumida**	*889 kWh x 8,1587 cent. €/kWh*	72,53
3. **Impto. sobre electricidad**	*4,864 % s/85,17 x 1,05113*	4,35
4. **Alquiler equipos de medida**	*2 meses x 57 cent. €/mes*	1,14
5. **IVA**	*16 % s/90,66*	14,51
	IMPORTE	**105,17**

% de la facturación destinado al: *Coste servicio 93,823 % - Costes permanentes (BOE 27/12/2003) 1,819 % - Costes diversificación (BOE 27/12/2003) 4,358 %.*

CONSUMO



Historial del consumo

El importe de su consumo medio por día durante los últimos doce meses ha sido 1,46 €

Nº contador	0008808270
Desde	3/2/2005
Lectura	042505
Hasta	2/4/2005
Lectura	043394
TOTAL kWh	**889**

Detalle de una factura de la electricidad.

Actividades

1. Localiza en tu vivienda el cuadro general de mando y protección. A partir de lo que observes, contesta las siguientes preguntas:

a) ¿Existe ICP?

b) ¿Dispone de IGA? ¿Cuál es su intensidad nominal?

c) ¿Dispone de ID? ¿Cuál es su sensibilidad?

d) ¿Cuántos PIA incluye la instalación? ¿Cuál es el valor nominal de cada uno?

e) ¿Con cuántos circuitos interiores cuenta la vivienda?

f) Describe la función de cada uno de los circuitos derivados.

g) ¿Tiene la instalación conductor de protección o toma de tierra? ¿Cómo lo sabes?

2. En un enchufe, uno de los bornes está conectado al cable de fase, el otro al neutro y el tercero (dos contactos laterales o un borne desplazado) a la toma de tierra. Explica brevemente qué pasaría si un niño introdujese un objeto metálico en uno cualquiera de los tres bornes descritos.

3. Indica si es verdadera (V) o falsa (F) cada una de las siguientes afirmaciones:

- ☐ Los empalmes y derivaciones entre conductores deben realizarse siempre en el interior de las cajas de derivación y mediante regletas de conexión apropiadas.
- ☐ En caso de sobrecarga en el circuito de alumbrado (C1), el interruptor general automático abrirá sus contactos.
- ☐ Una instalación conmutada permite el control de una lámpara desde dos o tres lugares distintos.
- ☐ Nunca se debe manipular con las manos húmedas un receptor eléctrico conectado a la red.
- ☐ El coste de la electricidad que consumimos depende de la potencia contratada.
- ☐ El color del aislante que recubre los cables sirve para indicar la función de cada uno de ellos en una instalación eléctrica.
- ☐ Los electrodomésticos de clase A son los que mayor calidad de construcción ofrecen.
- ☐ El *Reglamento electrotécnico de baja tensión* tiene un carácter orientador (no obligatorio).

4. Realiza un croquis de la planta de tu habitación. Sitúa en él los elementos de control, bases de enchufe, lámparas y cajas de empalme. Representa el esquema funcional o multifilar de su instalación eléctrica. Comenta brevemente el funcionamiento del circuito de iluminación.

5. Repite el ejercicio anterior, esta vez para el cuarto de baño. ¿Por qué no hay mecanismos o elementos eléctricos cerca de la bañera? ¿Qué diferencias hay en el funcionamiento del circuito de iluminación de ambas estancias?

6. Imagina que debes diseñar la instalación eléctrica de tres viviendas de las siguientes características:

- **Vivienda A.** De ella solo sabes que va a tener una superficie útil de 120 m^2.
- **Vivienda B.** Es un apartamento de 85 m^2, donde se va a instalar, entre otros elementos, aire acondicionado y calefacción mediante acumuladores eléctricos. La potencia prevista es igual o superior a 9 200 W.
- **Vivienda C.** Desconoces los receptores que se van a instalar, pero sabes que su superficie útil es de 165 m^2.

¿Qué grado de electrificación será necesario prever para cada vivienda y cuántos circuitos interiores se deberán instalar en ellas?

7. Menciona las medidas para ahorrar energía que se llevan a cabo de forma regular en tu hogar de entre las sugeridas en la unidad. ¿Piensas que se pueden llevar a cabo otro tipo de acciones sin mucho esfuerzo y con pequeñas inversiones? Comenta brevemente las respuestas.

8. ¿Por qué todos los mecanismos de la instalación eléctrica llevan una cubierta exterior de plástico?

9. Describe una situación en la que se pueda producir una corriente de fuga a tierra a través de una persona. Analiza las causas y las posibles consecuencias de dicha fuga. ¿Qué elementos y dispositivos de la instalación deben actuar para evitar este tipo de accidentes?

10. Si tuvieras la oportunidad de intervenir en el diseño de tu casa, ¿qué métodos y sistemas propondrías para aprovechar la radiación solar y reducir, con ello, la demanda de energía eléctrica?

11. Utilizando el modelo de recibo de la página 53, calcula lo que tendrá que pagar un usuario que ha consumido 1 400 kW · h durante los dos meses, sabiendo que su instalación dispone de un ICP de 25 A y 230 V.

12. Haz un listado con los tipos de lámpara para alumbrado general que hay en el techo de cada estancia de tu vivienda; incluye las que proporcionan un alumbrado localizado, como flexos, lámparas de sofá, de mesita, etc. Comenta los criterios que se han tenido en cuenta para la elección del tipo de lámpara en cada dependencia.

5 Electrónica

Los orígenes de la electrónica se remontan a finales del siglo XIX, con las experiencias llevadas a cabo en torno al diodo y al triodo de vacío. Con la invención del transistor bipolar, en 1948, se inició el desarrollo de los componentes electrónicos basados en materiales semiconductores, lo cual provocó una auténtica revolución en esta ciencia. En 1959 apareció el primer circuito integrado y, desde ese momento, la densidad de integración ha crecido continuamente. Estos procesos crecientes de miniaturización de los circuitos electrónicos han dado lugar a lo que se conoce como **microelectrónica.**

La constante mejora de los componentes electrónicos, el descubrimiento de nuevos materiales y el vertiginoso desarrollo de los circuitos integrados han hecho posible que la electrónica tenga una gran importancia en la actualidad, ya que facilita la solución de infinidad de problemas y necesidades. Sus campos de aplicación más frecuentes son la industria, las comunicaciones, la electrónica de consumo y la informática.

1 La electrónica y sus componentes

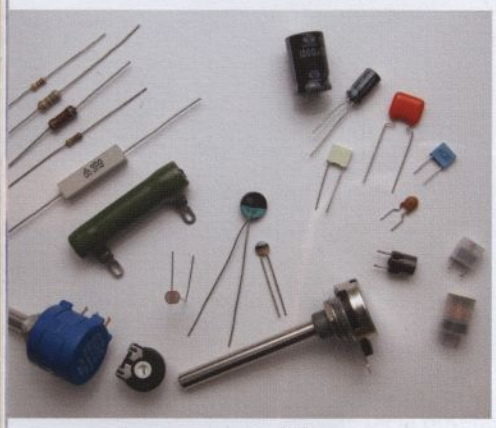
Aparato secamanos automático. Funciona a 230 V (CA) y consta de un receptor (formado por un conjunto turbina-resistencia calefactora), una fuente de alimentación (5 V, CC), un circuito electrónico de control y un sensor (célula fotoeléctrica).

La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada que estudia el diseño de circuitos que permiten generar, modificar o tratar una señal eléctrica. En otras palabras, dichos circuitos se encargan de generar, procesar, transmitir, recibir y/o almacenar información, ya sea en forma de sonidos, imágenes, datos, etcétera.

Las modificaciones que llevan a cabo los circuitos electrónicos pueden consistir en aumentar o atenuar la señal (**amplificación** y **atenuación**), forzar el sentido de circulación de la carga eléctrica **(rectificación)** o dejar pasar únicamente aquellas señales u ondas eléctricas de determinada frecuencia **(filtrado).**

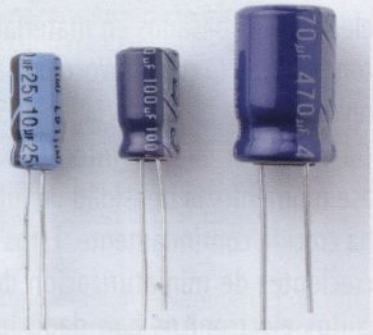
La corriente eléctrica generalmente produce un efecto concreto al atravesar un determinado receptor. Para que la respuesta de este sea la deseada, se suele incorporar una placa de circuito impreso formada por componentes electrónicos, cada uno de los cuales desarrolla una función o tarea específica dentro del conjunto.

Los circuitos electrónicos pueden clasificarse en **analógicos** y **digitales,** según se trate de circuitos que permiten el tratamiento de una señal analógica o digital. Una señal es analógica cuando puede tomar cualquier valor en el tiempo dentro del rango permitido, y **digital multivaluada** cuando varía en el tiempo a intervalos concretos. Sin embargo, cuando únicamente puede tener dos valores, uno máximo y otro mínimo, se denomina **digital binaria.** En la actualidad, muchos de los aparatos y dispositivos que utilizamos a diario contienen circuitos electrónicos digitales (ordenador, teléfono móvil, DVD, equipo de sonido, etcétera).



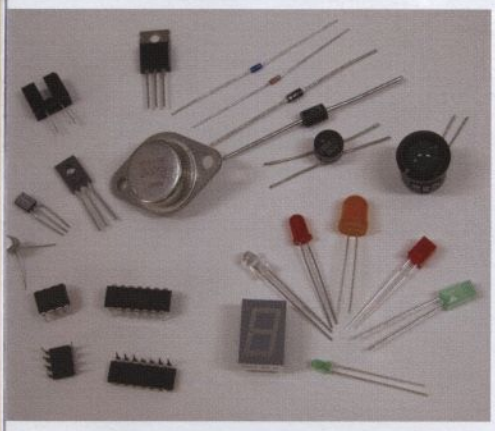
Componentes electrónicos pasivos.

El funcionamiento de cualquier circuito electrónico solo puede explicarse a partir del conocimiento de la tipología, los parámetros y las características de cada uno de los componentes interconectados que lo integran. Estos se pueden clasificar en dos grupos: **componentes pasivos** y **componentes activos.** Tanto unos como otros se fabrican, por lo general, normalizados, es decir, con **parámetros** o valores característicos determinados.



Condensadores electrolíticos. Obsérvense los distintos parámetros.

Los componentes electrónicos **pasivos** no generan ni amplifican por sí mismos señales eléctricas. Se comportan como cargas o receptores que pueden atenuar, compensar o ajustar una señal eléctrica en un circuito. Los componentes pasivos incluidos habitualmente en los circuitos electrónicos son las **resistencias,** los **condensadores** y las **bobinas** o inductancias.



Componentes electrónicos activos.

Por su parte, los componentes electrónicos **activos** pueden generar, modificar y amplificar el valor de una señal eléctrica. Son componentes activos las **baterías,** los **generadores,** los **tubos de vacío,** los **diodos** y los **transistores.** En esta unidad nos ocuparemos de los dos últimos, así como de los circuitos integrados, como ejemplo de las posibilidades de integración de los componentes electrónicos construidos a partir de materiales semiconductores.

2 Componentes pasivos

2.1. Resistencias

Recuerda

Cuando varias resistencias se conectan entre sí en **asociación serie**, la resistencia equivalente es:

$$R_E = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$

Pero si se conectan en **asociación derivación:**

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots \frac{1}{R_n}$$

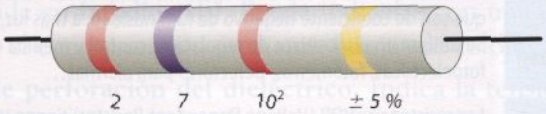
La función de una resistencia en un circuito es dificultar el paso de la corriente eléctrica y, como consecuencia, producir una caída de tensión entre sus terminales, transformando la energía eléctrica en calor. Las resistencias permiten distribuir adecuadamente los valores de tensión e intensidad en los diferentes puntos del circuito electrónico. Los **parámetros** o valores característicos de las resistencias son los siguientes:

- **Valor óhmico (R).** Mide el grado de oposición al paso de la corriente y se expresa en ohmios (Ω). El valor puede estar indicado numéricamente en la superficie de la resistencia o mediante franjas de colores.
- **Tolerancia.** Indica los valores máximo y mínimo entre los cuales estará comprendido su valor óhmico real. Se expresa en forma de porcentaje del valor óhmico: ±1 %, ±2 %, ±5 %, ±10 % y ±20 %.
- **Potencia que puede disipar.** Indica la potencia máxima a la que es capaz de trabajar sin que se produzca un sobrecalentamiento excesivo. Se expresa en vatios (W). Las potencias normalizadas más usuales son 1/8 W, 1/4 W, 1/3 W, 1/2 W, 1 W, 2 W, 5 W y 10 W.

color	números		multiplicador	tolerancia
oro			· 0,1	± 5 %
plata			· 0,01	± 10 %
negro	0	0	· 1	
marrón	1	1	· 10	± 1 %
rojo	2	2	· 10^2	± 2 %
naranja	3	3	· 10^3	
amarillo	4	4	· 10^4	
verde	5	5	· 10^5	± 0,5 %
azul	6	6	· 10^6	
morado	7	7	· 10^7	± 0,1 %
gris	8	8	· 10^8	
blanco	9	9	· 10^9	
incoloro				± 20 %

Código de colores

Esta forma de indicar el valor óhmico y la tolerancia de una resistencia ocupa poco espacio y permite una fácil identificación a simple vista. Consiste en cuatro anillos de colores estampados sobre la superficie del cuerpo de la resistencia. Los dos primeros anillos representan la primera y segunda cifra del valor óhmico; el tercer anillo indica el factor por el cual debemos multiplicar el resultado anterior, y el cuarto, que se encuentra un poco más separado, la tolerancia o margen de error en el valor teórico calculado. Observa el ejemplo:



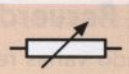
El valor óhmico teórico es de 2 700 Ω (2,7 kΩ), y el valor de la tolerancia es ±5 % de 2 700 Ω, es decir, ±135 Ω.

Las resistencias son de tres tipos: **fijas, variables** y **dependientes.**

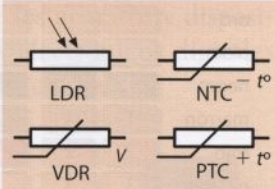
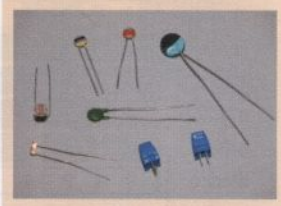
Resistencias fijas	Características	Símbolo e imagen
Aglomeradas	Se construyen con una mezcla de grafito y material aislante en proporciones adecuadas para obtener el valor óhmico deseado, que se expresa mediante el código de colores. Se emplean poco debido a su escasa precisión e inestabilidad térmica. Su potencia de disipación va de 1/8 W a 2 W.	
De película de carbón	Consisten en un cilindro de material aislante sobre el que se deposita una fina capa de carbón con dos casquillos en los extremos. Su valor óhmico se consigue labrando una hélice a lo largo de la superficie de carbón, y se representa mediante el código de colores. Son las más utilizadas para pequeñas potencias (desde 1/10 W hasta 2 W).	
De película metálica	Se construyen de manera idéntica a las anteriores, pero con una fina película de aleación metálica que las hace muy estables ante la temperatura. Son muy precisas. Utilizan cinco anillos de colores para representar su valor, correspondiendo los cuatro primeros al valor óhmico. Son de 1/4 W y 1/2 W.	
Bobinadas	Se construyen bobinando hilo de una aleación de Ni-Cr-Al sobre un tubo de material cerámico y recubriéndolo después con una capa de esmalte. El valor óhmico se indica sobre su superficie. Se fabrican hasta valores de 220 kΩ y las potencias de disipación van de 1 W a 130 W.	

Resistencias de película de carbón, de película metálica y bobinadas.

Las resistencias variables, también llamadas **potenciómetros,** permiten modificar su valor óhmico desde cero hasta un valor máximo, mediante un elemento desplazable o cursor.

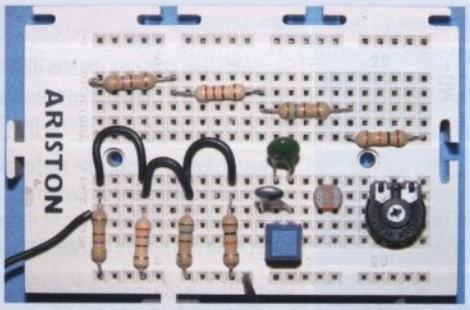
Resistencias variables	Características	Símbolo e imagen
De película de carbón	Están constituidas por una lámina de carbón aglomerado depositada sobre una base aislante circular o rectilínea con sendos terminales en ambos extremos, sobre la que se desplaza un contacto móvil o cursor, unido a un tercer terminal de conexión. De esta forma se puede conseguir el valor que se desee entre cualquiera de los extremos y el cursor. Según el tipo de variación, se habla de potenciómetros lineales y logarítmicos, y según el accionamiento, de potenciómetros de ajuste interno o *trimmers* y de ajuste externo o variables. Su valor óhmico suele ir impreso sobre la carcasa externa. Los valores más usuales son 100 Ω, 500 Ω, 1 kΩ, 5 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ y 1 MΩ.	 Resistencias variables de película de carbón y bobinadas.
Bobinadas	Denominados potenciómetros o **reostatos,** según la potencia que sean capaces de disipar, están constituidos por un cuerpo cerámico, normalmente en forma de toro, sobre el que se enrolla un hilo metálico de constantán o de una aleación de Ni-Cr-Al, recubierto de un esmalte vitrificado a lo largo de toda su superficie, menos por una pista lateral por la que se puede deslizar un cursor metálico. Los reostatos se utilizan en circuitos de gran consumo.	

Las **resistencias dependientes** son resistencias no lineales construidas con materiales semiconductores. Su valor óhmico depende de la variación de magnitudes físicas como la intensidad luminosa, la temperatura o el voltaje.

Resistencias dependientes	Características	Símbolos e imagen
Resistencias dependientes de la temperatura (termistores)	Su valor óhmico depende de la temperatura. En función del tipo de variación, se puede hablar de NTC (Negative Temperature Coefficient) o de PTC (Positive Temperature Coefficient). En las primeras, el valor óhmico desciende a medida que aumenta la temperatura, mientras que en las segundas desciende cuando disminuye la temperatura. El valor nominal de ambas se refiere a una temperatura de 25 °C. Son mucho más precisas que los termopares y los termómetros convencionales, por lo que tienen aplicaciones en el control, compensación, regulación y medida de la temperatura.	
Resistencias dependientes de la luz (fotorresistencias)	En las resistencias LDR (Light Dependent Resistor), el valor óhmico cambia con la intensidad luminosa que incide sobre su superficie, aunque esta variación no es lineal. Se puede afirmar que son de coeficiente negativo de luminosidad: a más luz, menos resistencia. Se utilizan en dispositivos de regulación, control y medida relacionados con la luz, como células fotoeléctricas, fotómetros, detectores para alarmas…	 Resistencias dependientes: LDR, NTC, PTC y VDR.
Resistencias dependientes de la tensión (varistores)	Las resistencias VDR (Voltage Dependent Resistor) tienen un valor óhmico que varía con el voltaje aplicado entre sus extremos. Concretamente, disminuye con el aumento de la tensión aplicada. Se utilizan en circuitos estabilizadores de tensión, en dispositivos de protección contra sobretensiones, etcétera.	

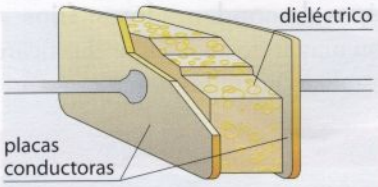
Para practicar

Realiza una tabla y anota en ella el resultado de las siguientes experiencias:

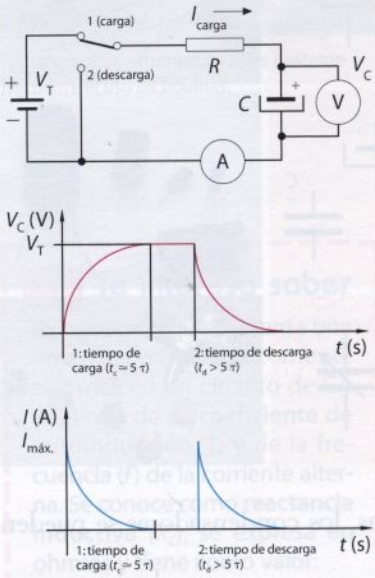


1. Dadas cuatro resistencias, identifica su valor óhmico y su tolerancia utilizando el código de colores. Usa el óhmetro para saber su valor real. Calcula el valor teórico de la resistencia equivalente al conectarlas en serie y en paralelo y compara el resultado con el valor obtenido al medir con el óhmetro.
2. Comprueba mediante un óhmetro la variación del valor óhmico de un potenciómetro, midiendo entre cualquiera de sus extremos y el cursor. Monta un circuito utilizando una pila de 9 V, un potenciómetro de 100 Ω y un pequeño motor de CC. Mueve el cursor y comenta lo que observas.
3. Utiliza un óhmetro para medir el valor de una LDR en la oscuridad, con luz ambiente en el interior del taller, debajo del foco de una lámpara y fuera del aula. A continuación, mide el valor óhmico de una NTC a temperatura ambiente, a la temperatura corporal (cogiéndola entre los dedos) y acercándola cuidadosamente a un foco de calor (lámpara incandescente, punta de soldador, etcétera).

2.2. Condensadores



Esquema de un condensador.



Proceso de carga y descarga de un condensador.

Los **condensadores** son componentes capaces de almacenar pequeñas cantidades recuperables de energía eléctrica. Se utilizan en circuitos electrónicos temporizadores, como filtros en las fuentes de alimentación, en circuitos electrónicos de sintonía para radiodifusión, en supresión de parásitos o ruido eléctrico, etc. Están constituidos por dos placas metálicas paralelas, denominadas **armaduras,** separadas entre sí por un material aislante conocido como **dieléctrico.** Los dos terminales de conexión se sueldan a las armaduras. Al conectarlo a una pila, batería o fuente de alimentación, un condensador se carga del siguiente modo:

- Cuando se conecta un terminal al polo negativo de la pila, los electrones en exceso de este polo se dirigen hacia la armadura correspondiente, cargándola negativamente, y en la cara interna de la otra armadura se crean cargas positivas por **inducción electrostática.** Por otra parte, la carga negativa acumulada en la cara externa de esta última armadura es atraída por el polo positivo de la pila al que está conectada, con lo que se completa la carga del condensador.
- Una vez finalizado este proceso, no hay más transvase de cargas y, por tanto, se interrumpe el paso de corriente eléctrica a través del circuito, a menos que se aumente el voltaje aplicado a las armaduras del condensador. Si se desconecta de la fuente de alimentación, el condensador mantiene la carga acumulada, gracias a la fuerza de atracción existente entre las armaduras con cargas de distinto signo.

Un condensador en CC deja pasar corriente eléctrica por el circuito hasta alcanzar la máxima carga. A partir de ese momento se comporta como un interruptor abierto. Normalmente, se sitúa una resistencia en serie con él, para evitar que se cargue instantáneamente. En CA, su comportamiento es diferente, pues el condensador se carga y se descarga muy rápidamente. Sus **parámetros** o valores característicos son:

- **Capacidad (C).** Indica la capacidad de almacenamiento de electricidad. Se mide en **faradios** (F). Puede indicarse con una cifra estampada sobre el componente o mediante franjas de colores.
- **Tensión de perforación del dieléctrico.** Indica la tensión máxima que soporta un condensador sin que se destruya el dieléctrico.
- **Tolerancia.** Indica la diferencia máxima (en %) entre el valor nominal o teórico y el valor real de la capacidad de un condensador.

La cantidad de carga que puede almacenar un condensador depende de la tensión aplicada entre sus armaduras y de sus características constructivas. La relación entre la cantidad de carga almacenada y el voltaje aplicado entre las armaduras se denomina **capacidad:**

$$C = \frac{Q}{V}$$

En la igualdad, Q representa la cantidad de carga, expresada en culombios; V, la tensión aplicada, expresada en voltios, y C, la capacidad del condensador, en faradios. La expresión que relaciona la capacidad de un condensador con sus características constructivas es:

$$C = \frac{\varepsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{S}{d}$$

En ella, ε representa la constante dieléctrica del material aislante; S, la superficie de sus armaduras, en m^2, y d, el espesor del dieléctrico, en m.

Te interesa saber

El **faradio** (F) es una unidad muy grande para medir la capacidad de un condensador. De ahí que se utilicen submúltiplos, como el **microfaradio** ($1\ \mu F = 10^{-6}$ F), el **nanofaradio** ($1\ nF = 10^{-9}$ F) o el **picofaradio** ($1\ pF = 10^{-12}$ F).

La constante de tiempo

Se conoce como **constante de tiempo** (τ) al tiempo que tarda el condensador en adquirir un 63 % de la carga total.

$$\tau = R \cdot C$$

donde C es la capacidad del condensador, y R, el valor óhmico de la resistencia a través de la cual se carga o descarga. El tiempo total de carga (t) del condensador equivale aproximadamente a 5 veces la constante de tiempo:

$$t = 5 \cdot \tau = 5 \cdot R \cdot C$$

Tipos de condensadores

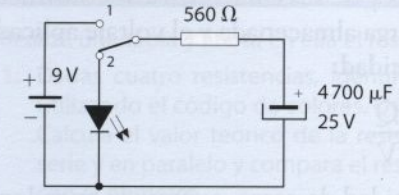
Según su construcción, existen dos tipos de condensadores: **fijos** y **variables.** Los fijos son los que se utilizan con mayor frecuencia; se clasifican en función del tipo de material aislante instalado entre las armaduras.

Tipos de condensadores			Características	Símbolo	Imagen
Fijos	Sin polaridad	■ Cerámicos ■ De plástico ■ De papel ■ De mica ■ De sulfuro de polifenileno	Los más utilizados en la actualidad son los de plástico y los cerámicos. Con los de plástico se pueden conseguir capacidades relativamente elevadas (entre 2 pF y 10 μF), con tensiones máximas de entre 30 V y 1 000 V. Los cerámicos son los que más se acercan al condensador ideal. Soportan poca tensión y su capacidad oscila entre varios pF y 220 nF. Tienen forma tubular, paralelepípeda o de disco.	C	
Fijos	Con polaridad	Electrolíticos: ■ De aluminio ■ De tantalio	Están constituidos por dos láminas de aluminio arrollado separadas por un papel absorbente impregnado de un electrolito, es decir, un líquido conductor de la corriente eléctrica. El dieléctrico lo constituye la fina película de óxido de aluminio que se forma sobre la armadura positiva. Con ellos se consiguen capacidades elevadas en un volumen reducido (entre 1 μF y varios miles de microfaradios). No se pueden conectar a la CA.	C + C +	
Variables		■ De ajuste interno o *trimmers* (de presión, de disco, de placas o tubulares/cilíndricos) ■ De sintonía o ajuste permanente	Para variar la capacidad, se recurre a tres procedimientos: cambiar la superficie de enfrentamiento de las armaduras, la separación entre armaduras o el dieléctrico. Los de uso más habitual disponen de placas rígidas con dieléctrico de aire, papel, mica o plástico; mediante un dispositivo giratorio, es posible desplazar unas con respecto a las otras, variando con ello su capacidad.		

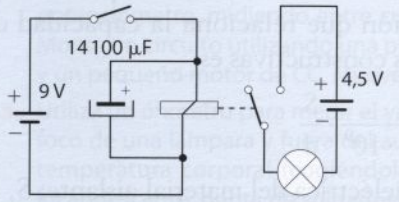
Al igual que sucedía con las resistencias, los condensadores se pueden conectar de tres formas:

Tipo de asociación	Circuito	Capacidad equivalente
Serie	C_1 C_2	$\frac{1}{C_E} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n}$
Paralelo o derivación	C_1 C_2	$C_E = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n$
Mixta o compuesta	C_1 C_2 C_3	Se trata de una combinación de los dos tipos anteriores.

Para practicar



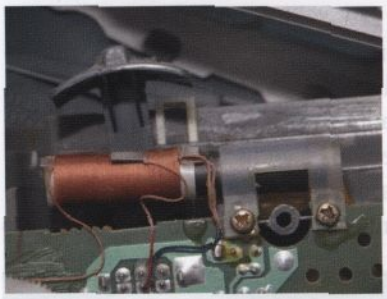
Circuito experimental.



Circuito temporizador.

1. Monta el circuito experimental sobre una placa protoboard o similar. Sitúa el conmutador en la posición 1 para cargar el condensador. Posteriormente, coloca el conmutador en la posición 2 y mide mediante un cronómetro el tiempo que está emitiendo luz el diodo LED, o lo que es lo mismo, el tiempo de descarga del condensador.
2. Monta tres condensadores del mismo tipo y de la misma capacidad en serie y en paralelo. Calcula la capacidad equivalente en los dos casos y anota el tiempo de funcionamiento del LED durante la descarga del conjunto formado por los condensadores conectados en serie y en paralelo. Compara los resultados teóricos con los experimentales.
3. Monta el circuito temporizador del margen, situando un condensador en paralelo con la bobina del relé. Acciona el interruptor y analiza el resultado. Sitúa ahora el condensador en serie con la bobina. ¿Qué ha sucedido? Comenta las diferencias que has observado en el funcionamiento de ambos montajes. ¿Podrías describir alguna aplicación?

2.3. Bobinas



En los circuitos sintonizadores es bastante *frecuente el uso de bobinas.*

Tal como vimos en la UNIDAD 2, las bobinas se utilizan en todos los receptores y dispositivos donde es necesario producir un campo magnético, *tales como electroimanes, relés, contactores, máquinas eléctricas rotativas*, transformadores, reactancias para el arranque de tubos fluorescentes, etcétera.

El comportamiento eléctrico de una bobina depende del tipo de corriente eléctrica al que se conecta. Si se conecta a una tensión continua (CC), la corriente que pasa a través de ella será muy elevada, ya que su resistencia suele ser muy baja al estar fabricada con un hilo conductor arrollado sobre un núcleo de aire, hierro u otros materiales magnéticos. En cambio, en CA, la corriente que pasa por ella presenta valores moderados y su consumo de potencia activa es prácticamente nulo. Este fenómeno permite deducir que en CA aparece una oposición al paso de la corriente eléctrica de naturaleza distinta a la resistencia óhmica, que está relacionada con la **autoinducción** de la bobina.

Te interesa saber

La oposición que presenta una bobina al paso de la corriente eléctrica en un circuito de CA depende de su **coeficiente de autoinducción**, L, y de la frecuencia (f) de la corriente alterna. Se conoce como **reactancia inductiva** (X_L), se expresa en ohmios y tiene como valor:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

El valor eficaz de la intensidad de la corriente que pasa a través de una bobina pura (*despreciando su resistencia óhmica*) en un circuito de CA es:

$$I = \frac{V}{X_L}$$

Cuando una bobina es recorrida por una corriente eléctrica variable, se crea un campo magnético también variable. Las líneas de fuerza de este campo generan una fuerza electromotriz autoinducida entre los extremos de la bobina que, según la ley de Lenz, se opone a la causa que la produjo. Esta fem autoinducida tiene como valor:

$$\varepsilon = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

En esta igualdad, L es el **coeficiente de autoinducción** de la bobina, y dI/dt representa la variación de la corriente que la recorre.

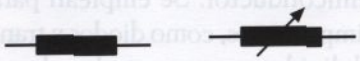
Los circuitos electrónicos precisan en muchas ocasiones de los efectos de la autoinducción de las bobinas, también llamadas **inductancias** o **solenoides**. Su valor varía para cada circuito, pues depende del resto de componentes. Cuanto más alta sea la frecuencia de la CA que circula por la bobina, menor será el número de espiras que se necesitan para obtener una determinada **reactancia inductiva**, X_L. Los **parámetros** o valores *característicos de una bobina son:*

- **Coeficiente de autoinducción (L).** Se expresa en **henrios** (H) o en sus submúltiplos (mH, μH y nH) y su valor se obtiene a partir de la expresión:

$$L = 1{,}257 \cdot \frac{N^2 \cdot S \cdot \mu}{10^8 \cdot l}$$

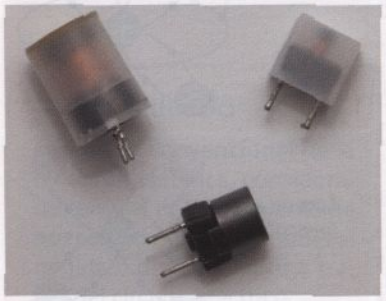
En ella, N es el número de espiras de la bobina; S, la sección abarcada por una espira, en cm^2; l, la longitud de la bobina, en cm, y μ, el coeficiente de permeabilidad magnética del núcleo.

- Rango de **frecuencias de trabajo** a la que va destinada. Se expresa en **hertzios** (Hz).
- **Tolerancia.** Margen de error porcentual en el valor del coeficiente de autoinducción de la bobina.



Bobina fija. Bobina variable.

Existe una gran diversidad de bobinas. Así, según el valor de su inductancia, pueden ser fijas y variables; según su aplicación, se habla de bobinas de choque para filtros de baja frecuencia, bobinas de radiofrecuencia y bobinas de sintonía; según su construcción, hay bobinas cilíndricas y bobinas tóricas, y según el núcleo, existen bobinas con núcleo de aire, de hierro, de pulvimetal y de ferrita.

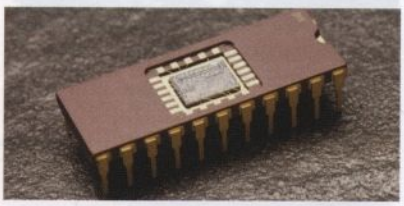


Bobinas de choque para circuitos impresos.

3 Materiales semiconductores

Diodos y transistores y sus ancestros, las válvulas de vacío.

La tecnología de los materiales semiconductores revolucionó el mundo de la electrónica. Componentes como el diodo, el transistor y el tiristor, entre otros, se construyen en la actualidad con materiales semiconductores. Los circuitos integrados —con su densidad cada vez mayor de componentes miniaturizados— también se fabrican con materiales semiconductores. Entre las ventajas de estos materiales destacan su reducido tamaño, pequeño consumo y bajo precio, y como inconvenientes, su dificultad para el tratamiento de grandes potencias, la sensibilidad a los cambios de temperatura y a las radiaciones y el posible deterioro de los componentes a causa de sobretensiones y sobreintensidades.



Circuito integrado.

Los materiales semiconductores más utilizados son el silicio (Si) y el germanio (Ge); se caracterizan por ser materiales aislantes que, con un pequeño aporte de energía externa, se transforman en conductores.

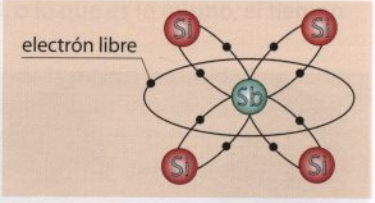
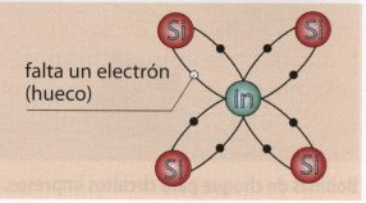
Los átomos de silicio o de germanio tienen cuatro electrones en su última capa. Mediante enlaces covalentes, estos cuatro electrones se complementan con otros tantos de los átomos vecinos, con el fin de formar una estructura cristalina estable. En estas condiciones, al no existir en su seno electrones libres capaces de establecer una corriente eléctrica, se comportan como materiales aislantes. Ahora bien, es muy difícil obtener semiconductores puros que no contengan en su red cristalina elementos denominados **impurezas.** Estas consisten en átomos de elementos que tienen tres o cinco electrones en su capa de valencia, de modo que les sobra o les falta un electrón para completar los enlaces con los átomos de silicio o de germanio. Según la cantidad de impurezas, los semiconductores se clasifican en:

- **Semiconductores intrínsecos.** Contienen una cantidad muy reducida de impurezas: aproximadamente, un átomo por cada 10^{11} átomos de semiconductor. En ellos, la conducción se puede establecer mediante un aporte de calor. Suelen emplearse como elementos sensibles a la temperatura.
- **Semiconductores extrínsecos.** Contienen al menos un átomo de impureza por cada 10^{7} átomos de semiconductor. Se emplean para fabricar los componentes activos más importantes, como diodos y transistores. Estos semiconductores se subdividen a su vez en dos clases:

Te interesa saber

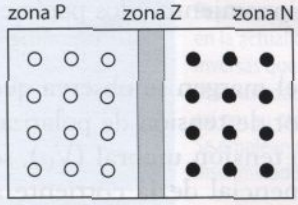
Existen tres tipos de enlaces entre átomos: **iónico, covalente** y **metálico.**

Los dos primeros son los que intervienen en los compuestos químicos. En el enlace iónico, los átomos de un elemento químico ceden electrones de su capa de valencia a los átomos del otro elemento para formar moléculas del compuesto. En el covalente, los electrones de la capa de valencia son compartidos dos a dos entre átomos colindantes. Por su parte, del enlace metálico se derivan las propiedades que caracterizan a los metales, entre las cuales destaca la **conductividad.**

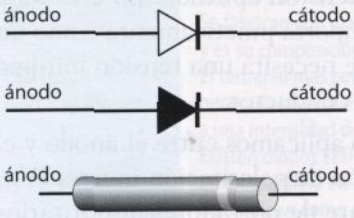
	Semiconductores extrínsecos	Estructura
Tipo N	Se obtienen cuando las impurezas que se introducen en su estructura —proceso conocido como **dopado**— tienen cinco electrones en la capa de valencia. Las impurezas más frecuentes son el arsénico, el bismuto, el antimonio y el fósforo. Por cada átomo de impureza añadido se genera un **electrón libre**, que puede formar parte de la corriente eléctrica. En los semiconductores extrínsecos de **tipo N**, los portadores de carga mayoritarios son los electrones libres, mientras que los huecos son los portadores de carga minoritarios.	
Tipo P	Se obtienen cuando los átomos de las impurezas añadidas tienen tres electrones en la capa de valencia. Las impurezas pueden ser el indio, el aluminio, el galio o el boro. En este tipo de dopado falta un electrón para completar los enlaces covalentes entre un átomo de impureza y un átomo de silicio o germanio. Estas ausencias se denominan **huecos.** En este tipo de semiconductores, los portadores mayoritarios son los huecos, mientras que los electrones libres son los portadores minoritarios.	

4 Componentes activos

4.1. Diodos



Constitución de un diodo.

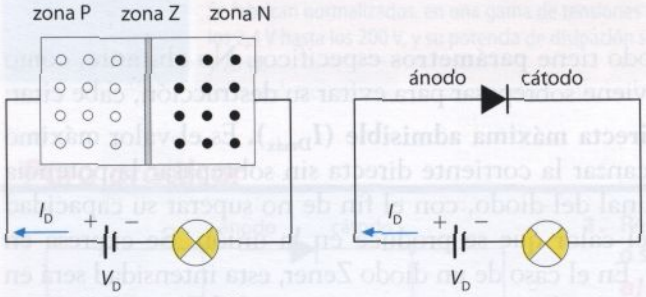


Símbolos y aspecto externo de un diodo.

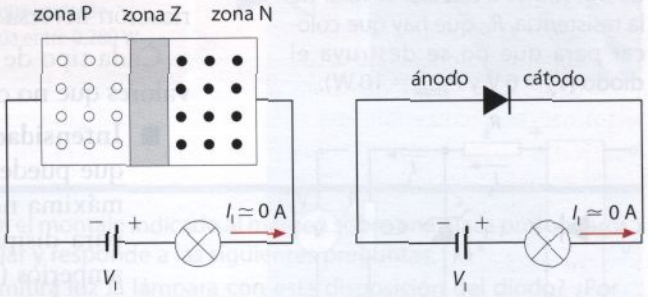
El diodo de unión se forma a partir de un único cristal de silicio o germanio que, mediante los procedimientos descritos anteriormente, ha sido dopado, por un lado, con átomos de impurezas aceptadoras de electrones libres **(zona P)** y, por otro, con impurezas donadoras **(zona N).** Entre ambos lados aparece una **zona Z** (representada en gris), denominada de difusión, que contiene muy pocos portadores de carga. Esta zona aparece debido a que, en la frontera de las zonas P y N, los huecos de la zona P son ocupados por los electrones libres de la zona N; como consecuencia, en dicha zona no existen portadores de carga, con lo que posee una elevada resistencia específica y se comporta como un aislante al paso de la corriente eléctrica.

Para conocer el funcionamiento de un diodo, es necesario analizar su comportamiento en las siguientes situaciones:

- **Polarización directa.** Tiene lugar cuando se conecta al **ánodo** (zona P) del diodo el polo positivo de un generador de CC, y al **cátodo** (zona N) el negativo. En esta situación, los huecos de la zona P son repelidos hacia la zona Z por el polo positivo del generador de CC, y los electrones libres de la zona N son también repelidos hacia la zona Z por el polo negativo. Como consecuencia, esta zona se estrecha notablemente, reduciéndose mucho la resistencia de la unión PN y aumentando así la intensidad de corriente (corriente directa, I_D) que circula por el cristal semiconductor.



Polarización directa de un diodo.



Polarización inversa de un diodo.

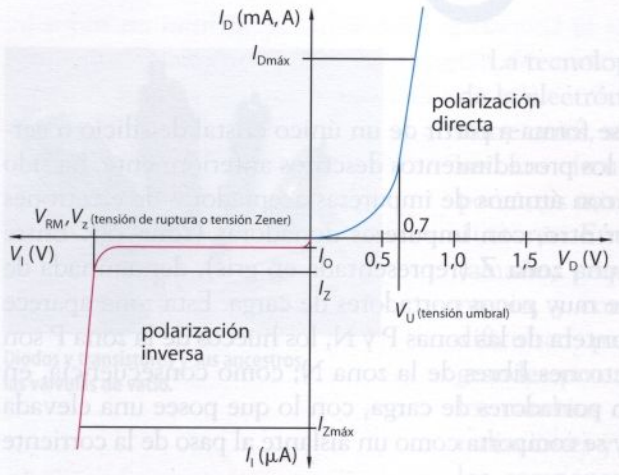
- **Polarización inversa.** Si se conecta ahora el polo negativo del generador a la zona P del cristal y el polo positivo a la zona N, los electrones libres de dicha zona N son atraídos por el polo positivo de la fuente de alimentación, y los huecos de la zona P, por el polo negativo; en consecuencia, se amplía la zona Z, que queda, de este modo, más empobrecida de portadores de carga. Por esta causa aumenta la resistencia específica de la unión PN y se reduce considerablemente el paso de corriente eléctrica (corriente inversa, I_I) a través del cristal semiconductor.

Resumiendo, un diodo es un componente electrónico que solo permite el paso de corriente eléctrica a través de él en un único sentido (el indicado por la flecha del símbolo gráfico). Esto se produce cuando está polarizado directamente; en ese momento, el diodo se comporta —desde el punto de vista eléctrico— como un interruptor cerrado. En cambio, cuando está polarizado inversamente, no permite el paso de corriente y se comporta como un interruptor abierto o como un material aislante.

Recuerda

El **sentido convencional** de la corriente eléctrica, considerada como el desplazamiento de **huecos,** va del polo positivo al negativo del generador a través del circuito eléctrico.

Curva característica de un diodo



Curva característica de un diodo. En el primer cuadrante, la escala de tensión está dividida en décimas de voltio, y la corriente, en miliamperios o amperios. En el tercer cuadrante, la escala de tensión está en voltios o decavoltios, y la corriente, en microamperios.

Si representamos la intensidad que recorre un diodo en relación con el voltaje aplicado, obtenemos su curva característica. El análisis e interpretación de dicha curva permite conocer mejor su funcionamiento y los parámetros que lo definen.

En la curva característica del margen se observa que cuando se sobrepasa cierto valor de tensión de polarización directa (V_D), denominado **tensión umbral** (V_U), se produce un crecimiento exponencial de la corriente a través de la unión en sentido directo (I_D), acercándose muy rápidamente al **valor máximo admisible** ($I_{Dmáx}$) a medida que aumenta la tensión aplicada. En esta zona de la curva, el diodo se comporta prácticamente como un interruptor cerrado, aunque necesita una tensión mínima para comportarse como un conductor.

Por el contrario, cuando aplicamos entre el ánodo y el cátodo del diodo una tensión de polarización inversa (V_I), se produce el paso de una pequeña corriente de portadores minoritarios en sentido inverso, denominada **corriente de fuga** o **corriente inversa de saturación** (I_0), que se puede considerar prácticamente nula. Si la tensión inversa aplicada supera un cierto valor, denominado **tensión de ruptura** o **Zener** (V_{RM} o V_Z), se produce una avalancha de portadores, el diodo pasa a ser conductor y la unión se destruye como consecuencia de la enorme energía térmica que se genera. En esta zona de la gráfica, el diodo se comporta como un interruptor abierto. Sin embargo, existe un tipo de diodo, denominado **Zener,** diseñado para poder trabajar en ese régimen de polarización inversa.

Cada tipo de diodo tiene **parámetros** específicos. No obstante, como valores que no conviene sobrepasar para evitar su destrucción, cabe citar:

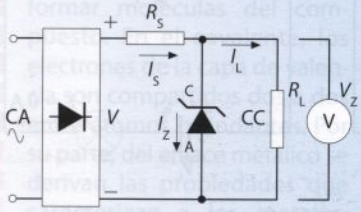
- **Intensidad directa máxima admisible ($I_{Dmáx}$).** Es el valor máximo que puede alcanzar la corriente directa sin sobrepasar la potencia máxima nominal del diodo, con el fin de no superar su capacidad para disipar el calor que se produce en la unión. Se expresa en amperios (A). En el caso de un diodo Zener, esta intensidad será en sentido inverso y se denomina **máxima intensidad Zener** ($I_{Zmáx}$).
- **Tensión de ruptura** o **tensión Zener** (V_{RM} o V_Z). Es el valor máximo de la tensión inversa que es capaz de soportar un diodo sin que se produzca la ruptura de la unión. Se expresa en voltios (V). Cuando se supera esta tensión en un diodo Zener, este entra en conducción, dejando pasar una corriente inversa denominada **corriente Zener** (I_Z), que se debe situar en valores próximos al 10 % de la corriente máxima ($I_{Zmáx}$) y no sobrepasar nunca este valor, para evitar la destrucción del diodo.

Tipos de diodos

Además del diodo rectificador —en el que nos hemos basado para el análisis del funcionamiento de este componente activo—, existen otros tipos, como el diodo Zener, el diodo LED, el fotodiodo, el diodo túnel, el diodo varicap y el diodo *Schottky*. En la página siguiente se detallan las características más destacadas de los diodos que se utilizan con mayor frecuencia: el diodo rectificador, el LED y el Zener.

Resistencia de polarización de un diodo Zener

Supongamos una fuente de alimentación de CC con una tensión de salida de 9 V, que alimenta una carga R_L de 10-100 Ω a una tensión de 6 V. Vamos a calcular el valor de la resistencia, R_S, que hay que colocar para que no se destruya el diodo ($V_Z = 6$ V y $P_{Zmáx} = 10$ W).



Realizando los cálculos para el caso más desfavorable, resulta:

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6}{10} = 0{,}6 \text{ A}$$

La **máxima intensidad Zener** será:

$$I_{Zmáx} = \frac{P_{Zmáx}}{V_Z} = \frac{10}{6} = 1{,}7 \text{ A}$$

La **corriente Zener** de trabajo se fija en un 10 % de $I_{Zmáx}$:

$$I_Z = 0{,}1 \cdot I_{Zmáx} = 0{,}1 \cdot 1{,}7 = 0{,}17 \text{ A}$$

Por tanto:

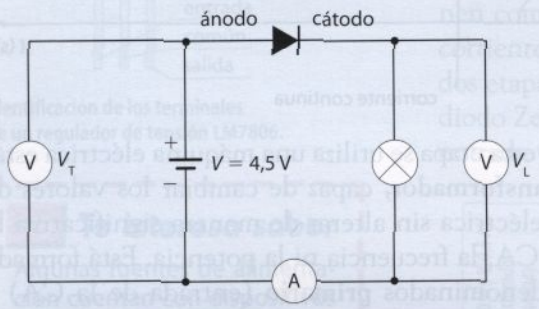
$$I_S = I_Z + I_L = 0{,}17 + 0{,}6 = 0{,}77 \text{ A}$$

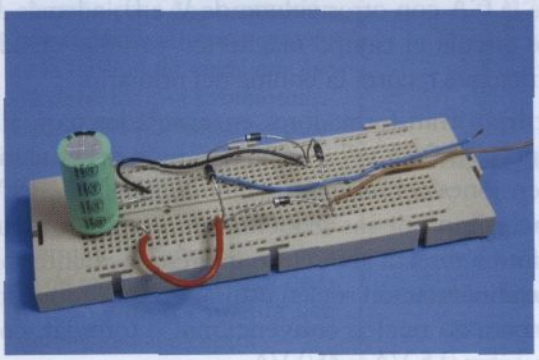
$$R_S = \frac{V - V_Z}{I_S} = \frac{9 - 6}{0{,}77} = 3{,}9\ \Omega$$

Situaremos, por tanto, una resistencia de 5 Ω y 2 W.

Tipos de diodos	Características	Símbolo	Imagen
Rectificador	Constituido por un cristal con una zona P y otra N, está encapsulado y presenta un terminal unido a cada una de estas zonas. Uno de los terminales se denomina ánodo (A), y el otro, cátodo (C). Este último se indica mediante un anillo plateado marcado sobre el encapsulado. Se construyen de silicio o de germanio. El de silicio es el más utilizado en la actualidad, pues soporta mayores intensidades directas y tensiones inversas que el de germanio. Una variedad del diodo rectificador es el diodo de potencia, denominado así por su capacidad para controlar cargas que consumen grandes potencias. *Se emplean en circuitos rectificadores (convierten la CA en CC pulsante),* discriminadores, sumadores, en conmutación industrial...	ánodo (A) cátodo (C)	
LED (Light Emitting Diode)	Son dispositivos formados por dos cristales semiconductores PN, que, cuando se polarizan directamente, emiten radiaciones electromagnéticas luminosas de diversas longitudes de onda (rojo, ámbar, verde, infrarroja...), pero, cuando se polarizan inversamente, no emiten luz. Se fabrican con materiales especiales, como el arseniuro de galio y el fósforo, y es su composición química la que determina el color de la luz que emiten. El terminal más corto corresponde al cátodo del diodo. La tensión directa necesaria para que emitan luz se sitúa entre 1,5 V y 2,2 V, que corresponde a una intensidad de entre 10 mA y 50 mA. Existen diodos LED bicolor, formados por dos uniones activas conectadas en antiparalelo en cápsula transparente. Se emplean como dispositivos de señalización de encendido en equipos electrónicos y en *displays* o indicadores alfanuméricos (constituidos por diodos LED en forma de segmentos).	A C	
Zener	Se comportan como un diodo normal cuando están polarizados directamente. No obstante, están diseñados para trabajar en polarización inversa. Cuando se alcanza la tensión inversa de ruptura o tensión Zener (V_Z), el diodo deja pasar una elevada corriente inversa (I_Z), que solo queda limitada por el circuito exterior. El cátodo se identifica con una anilla marcada sobre el encapsulado. Se suelen situar en la fase final de una fuente de alimentación y su función es la de estabilizar la tensión de salida de dicha fuente. Se fabrican normalizados, en una gama de tensiones (V_Z) que va desde los 2,4 V hasta los 200 V, y su potencia de disipación se sitúa entre 0,280 W y 75 W.	A C A C	

Para practicar

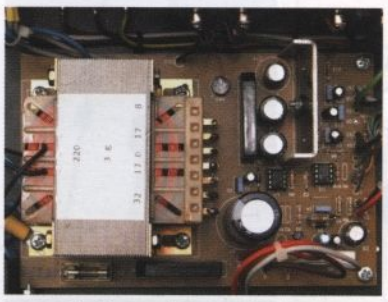




1. Realiza el montaje indicado al margen sobre una placa protoboard *o similar y responde a las siguientes preguntas:*
   - **a)** ¿Emitirá luz la lámpara con esta disposición del diodo? ¿Por qué?
   - **b)** ¿Qué valores indican los voltímetros y el amperímetro situados en el circuito? ¿Por qué las lecturas de los dos voltímetros son distintas?
   - **c)** *¿Qué sucede cuando se invierte la posición del diodo en este* circuito? ¿Qué lecturas se obtienen ahora en los aparatos de medida?
2. Dibuja un circuito formado por una pila de 9 V, un diodo LED y una resistencia. Si el LED emite un nivel de luz adecuado cuando $V_U = 2$ V e $I_D = 25$ mA, ¿qué valor debe tener la resistencia? ¿Qué *ocurrirá si lo conectamos en polarización inversa?*
3. Trata de montar sobre una placa protoboard la fuente de alimentación que se representa en la página siguiente, pero sin etapa de estabilización.

   Utiliza un osciloscopio para comprobar las formas de onda representadas en la ilustración, cuando se sitúan sus terminales en los tres puntos siguientes: salida del transformador, salida del rectificador sin conectar el condensador de filtro y, por último, con él conectado.

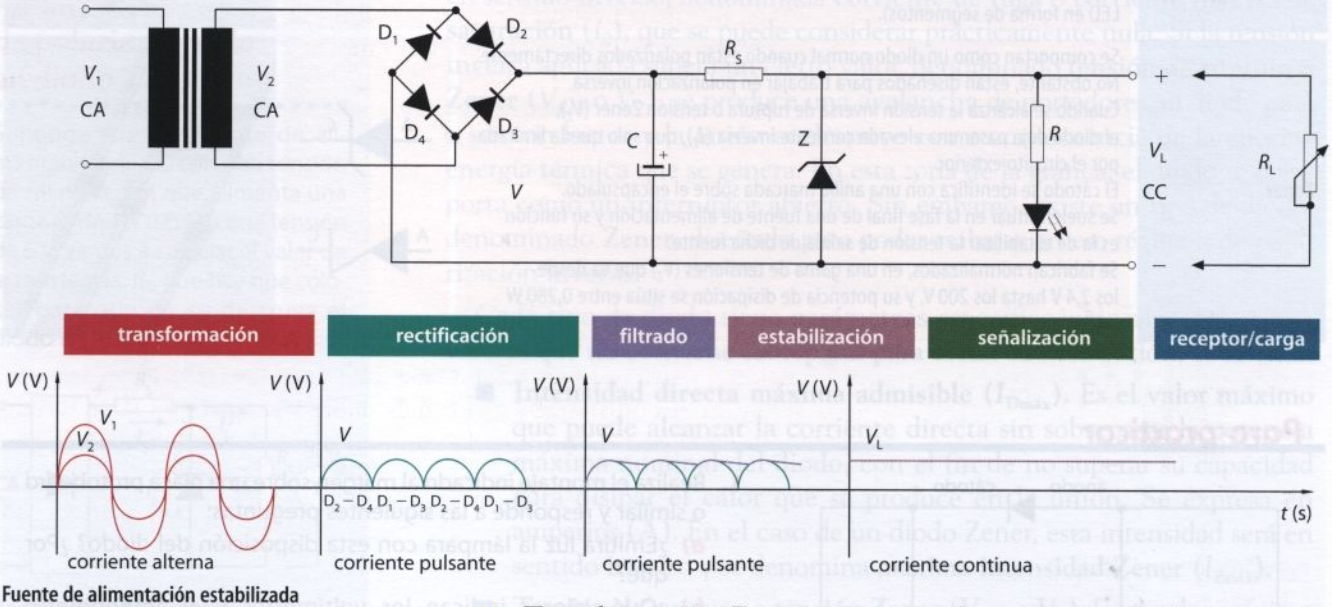
4.2. Fuente de alimentación



Fuente de alimentación estabilizada y regulable.

La fuente de alimentación es un dispositivo electrónico que recibe la corriente eléctrica de la red de CA y la convierte en tensión continua, necesaria para el funcionamiento de todos los circuitos electrónicos construidos con semiconductores: ordenadores, sistemas de audio y vídeo, TV, receptores de radio, circuitos de control para electrodomésticos y cargadores de baterías, entre otros. En el taller de tecnología resulta un elemento imprescindible —en sustitución de pilas y baterías— para la alimentación de proyectos y prototipos, así como en la experimentación y comprobación de circuitos.

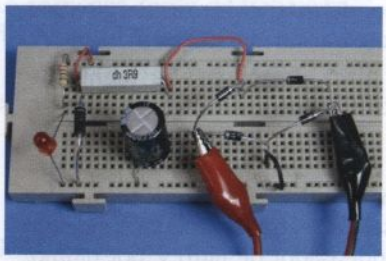
Cualquier fuente de alimentación, por simple o compleja que sea, consta al menos de las siguientes etapas: transformación, rectificación y filtrado. Las más completas y fiables disponen, además, de una etapa final de estabilización y regulación que garantiza una tensión e intensidad más estables e insensibles a las variaciones de la carga. De este modo, es posible regular el valor de la tensión de salida para adaptarla a las necesidades del circuito receptor al que alimentan. La estructura interna de una fuente de alimentación con una etapa de estabilización básica (mediante diodo Zener) podría ser la siguiente:



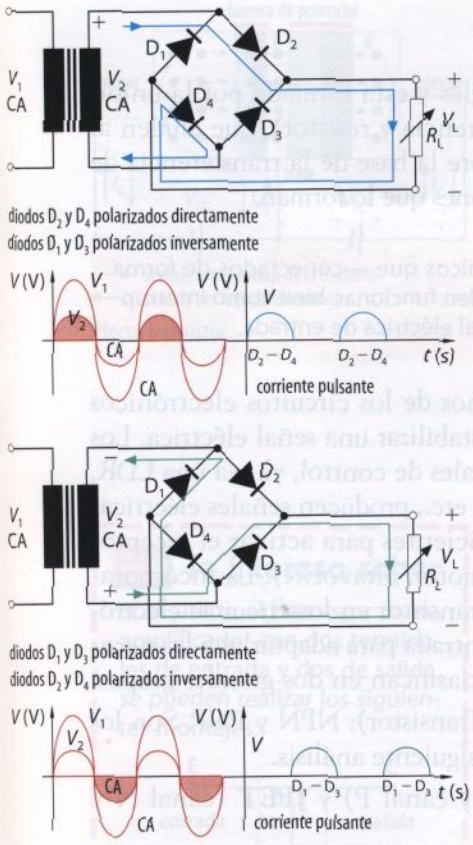
Fuente de alimentación estabilizada con un diodo Zener.

■ **Transformación.** En esta etapa se utiliza una máquina eléctrica estática denominada **transformador,** capaz de cambiar los valores de tensión y corriente eléctrica sin alterar de manera significativa la forma de onda de la CA, la frecuencia ni la potencia. Está formado por dos bobinados denominados **primario** (entrada de la CA) y **secundario** (salida de la CA con otros valores de *V* e *I*), además de un núcleo por donde circula el campo magnético variable creado por la corriente eléctrica que recorre la bobina del primario.

En electrónica se utilizan transformadores encapsulados para alimentación (con potencias de 0,75 VA y 1,6 VA, tensión del primario de 230 V a 50 Hz y tensiones del secundario de 6 V, 9 V, 12 V, 15 V o 18 V), que se caracterizan por sus reducidas dimensiones y que están conectados de forma directa al circuito impreso mediante soldadura. Las fuentes de alimentación suelen utilizar un transformador monofásico de potencia con núcleo convencional o toroidal, con potencias que oscilan entre 0,5 VA y 450 VA.



Montaje de fuente de alimentación en placa protoboard.



Funcionamiento del puente rectificador en los semiciclos positivo y negativo.

Identificación de los terminales de un regulador de tensión LM7806.

Te interesa saber

Algunas fuentes de alimentación cuentan con dispositivos electrónicos de protección que reducen automáticamente la tensión de salida en caso de detectar una sobreintensidad, con lo que evitan su posible deterioro.

Otras fuentes permiten ajustar, mediante dos potenciómetros y un circuito electrónico de regulación, el valor de la tensión y de la corriente que suministran al receptor.

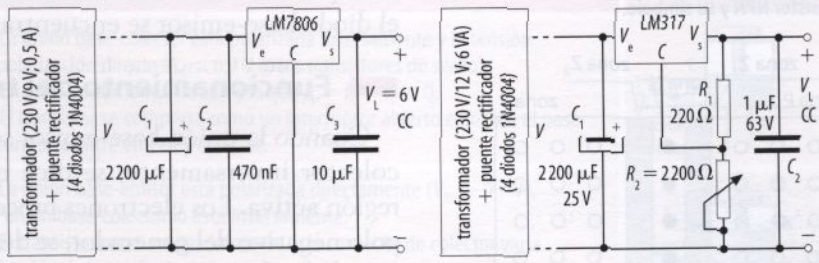
- **Rectificación.** Es un proceso mediante el cual una corriente alterna se convierte en corriente unidireccional (corriente pulsante). Dependiendo del número de diodos que se utilicen y del modo en que se conecten, se puede hablar de rectificadores de media onda y de onda completa, tanto para sistemas monofásicos como trifásicos. El rectificador más utilizado en fuentes de alimentación convencionales es el ***puente rectificador,*** *que permite una rectificación de onda completa* y se puede montar con cuatro diodos independientes o con un componente compacto de cuatro terminales (dos para la entrada y dos para la salida). Es el que aparece en la página anterior.

  En los semiciclos positivos de la onda de entrada, los diodos D2 y D4 están polarizados directamente, permitiendo el paso de corriente hacia el receptor a través de ellos, tal y como se muestra en el dibujo. En los semiciclos negativos son los diodos D1 y D3 los que están polarizados directamente y permiten mantener el mismo sentido de la corriente a través del receptor. Es decir, la tensión pulsatoria en *los bornes de la carga tiene siempre la misma polaridad.*

- **Filtrado.** Al conectar un condensador en paralelo con la salida del puente rectificador, se consigue reducir el **rizado** (componente de *corriente alterna) de la onda pulsatoria obtenida anteriormente.* La etapa de filtro proporciona en su salida una onda de tensión casi constante, aprovechando los fenómenos de carga y descarga del condensador instalado. A medida que aumenta la capacidad de dicho condensador, se reduce el rizado de la onda.

- **Estabilización.** Con la instalación de un diodo Zener en polarización inversa —y la correspondiente resistencia de polarización— a continuación del filtro, se consigue reducir al máximo el rizado de la onda de salida del rectificador, con lo que se obtiene una tensión de CC prácticamente constante.

  Si el circuito o dispositivo electrónico que se va a alimentar precisa de una tensión y corriente más estables, se debe instalar en la fuente de alimentación un circuito estabilizador más fiable y seguro que el analizado *anteriormente. Estos circuitos se denominan* ***reguladores de tensión*** *y tienen* como misión lograr una tensión de salida constante aunque varíe la corriente de carga o la tensión de la red. A continuación, se representan dos etapas de estabilización con reguladores de tensión en sustitución del diodo Zener. Los condensadores C_1, C_2 y C_3 aseguran que las tensiones de entrada y de salida del regulador sean más estables.



Etapa de estabilización mediante un regulador LM7806 y LM317.

En la actualidad se fabrica una gran variedad de reguladores de tensión en forma de circuito integrado, que se clasifican en **reguladores para tensión fija** y **reguladores para tensión variable.** Estos reguladores constan de tres terminales: uno para la entrada de tensión sin estabilizar, otro para *la salida de tensión estabilizada y un tercero conectado a masa.*

4.3. Transistores

Transistores bipolares.

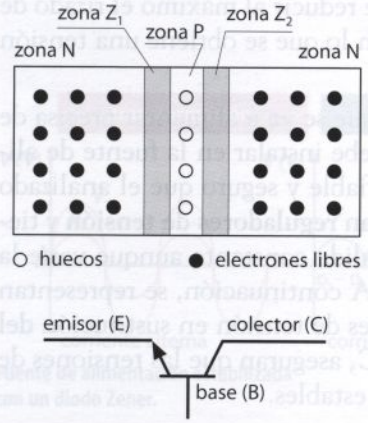
El término *transistor* proviene del inglés y está formado por la unión de dos palabras, *transfer resistor* (transferencia y resistor), que aluden al funcionamiento de este componente sobre la base de la transferencia de resistencia que se produce en las dos uniones que lo forman.

Los transistores son componentes electrónicos que —conectados de forma adecuada en un circuito electrónico— pueden funcionar, bien como interruptores, bien como amplificadores de una señal eléctrica de entrada.

El transistor resulta esencial en muchos de los circuitos electrónicos empleados para amplificar, controlar o estabilizar una señal eléctrica. Los sensores y transductores que generan señales de control, ya sea una LDR, una NTC, un detector de tipo inductivo, etc., producen señales eléctricas de tensión muy débil que resultan insuficientes para activar el receptor o dispositivo de salida (relé, bombilla, motor, altavoz...). La incorporación del triodo de vacío y, después, del transistor en los circuitos electrónicos hizo posible amplificar señales de entrada para adaptarlas a las necesidades del receptor. Los transistores se clasifican en dos grandes grupos:

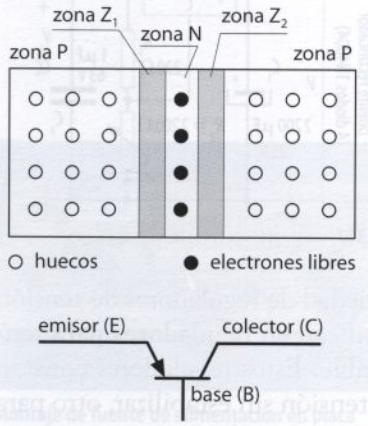
- **Bipolares BJT** (Bipolar Junction Transistor): NPN y PNP. Son los más utilizados y a ellos se refiere el siguiente análisis.
- **Unipolares: MOSFET** (canal N y canal P) y **JFET** (canal N y canal P).

Un transistor bipolar está formado por dos uniones PN (diodos) juntas y en oposición. Estas dos uniones están contenidas en un cristal semiconductor de silicio o de germanio que presenta tres zonas con dopados alternos de tipo P y N, denominadas **emisor (E), base (B)** y **colector (C).** La base es la zona de menor espesor y con menos cantidad de impurezas. Dependiendo de cómo estén situadas estas zonas, existen dos tipos de transistores bipolares: **NPN** y **PNP.** El primer tipo es el más utilizado, ya que es algo más rápido y se adapta mejor a los circuitos en los que el polo negativo de la fuente de alimentación se conecta a masa.



Transistor NPN y su símbolo.

Las tres zonas reseñadas se conectan a tres terminales externos del transistor, cuyos nombres indican la función que realizan: el **emisor (E)** emite o inyecta portadores de carga mayoritarios hacia la base; la **base (B)** ejerce el control o gobierno de dichos portadores, y el **colector (C)** recoge los portadores procedentes del emisor. En el símbolo gráfico, la flecha que incorpora el emisor indica el sentido convencional de la corriente cuando el diodo base-emisor se encuentra polarizado directamente.

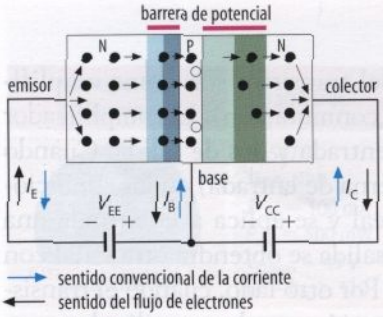


Transistor PNP y su símbolo.

Funcionamiento del transistor NPN

Cuando la unión base-emisor se polariza directamente y la unión base-colector inversamente, se dice que el transistor está trabajando en su región **activa.** Los electrones procedentes del emisor, al ser repelidos por el polo negativo del generador, se desplazan con mucha velocidad, formando lo que se denomina **corriente de emisor** (I_E). Al llegar a la base (zona extremadamente delgada y con pocos huecos), una pequeña cantidad de estos electrones son atraídos y desviados por esta, con lo que se forma la **corriente de base** (I_B). El resto de los electrones atraviesan la base y son atraídos con fuerza por el polo positivo del generador al que se halla conectado el colector, formando la **corriente de colector** (I_C). Se cumple que:

$$I_E = I_C + I_B$$



Efecto transistor.

El proceso de conducción que tiene lugar se denomina **efecto transistor,** que consiste en lo siguiente: el polo negativo de la pila V_{EE} introduce electrones en el emisor, y la base los atrae para rellenar los pocos huecos libres que tiene; sin embargo, debido a la gran velocidad con que se desplazan y a los campos eléctricos que se generan en la zona de difusión base-colector, gran parte de los electrones continúan hacia el colector atraídos por el polo positivo de la pila V_{CC}. Interesa, pues, que la base sea estrecha y esté poco dopada, que el emisor se encuentre muy contaminado y que el colector sea grande y contenga una cantidad de impurezas intermedia, para aumentar el flujo de portadores mayoritarios que salen del emisor y llegan al colector.

La resistencia interna del transistor varía en función de la señal de entrada y, por ello, es posible regular la corriente del circuito en el que está instalado. De ahí que el efecto transistor se pueda comparar a una transferencia de resistencia de la unión base-emisor a la unión base-colector.

El flujo de electrones será más grande cuanto mayor sea la tensión de polarización directa del diodo base-emisor. Esta tensión, junto con la *corriente de base, controla la corriente de colector.* Si se tiene en cuenta que la corriente de base es muy pequeña con respecto a la del colector y que esta última varía en función de la primera, se puede concluir que la propiedad más importante del transistor consiste en su capacidad de amplificación de corriente. La relación entre las variaciones de la corriente del colector y la del emisor se define como **ganancia estática** de corriente en un montaje en base común (como el representado en el margen) y se expresa de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \text{ (}\alpha\text{ es siempre menor que 1)}$$

El montaje de trabajo más frecuente en circuitos con transistores es el de **emisor común** (véase la figura), y su ganancia estática de corriente es:

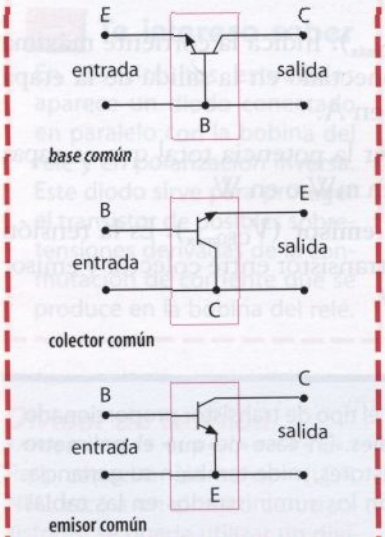
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

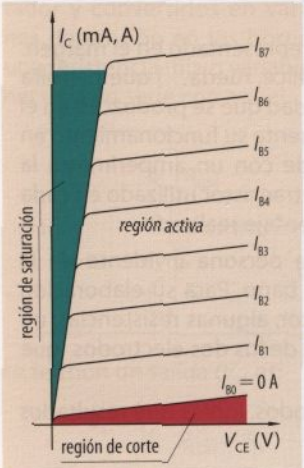
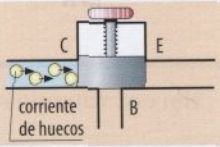
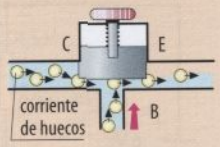
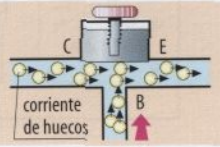
La **ganancia** depende del tipo de transistor y de la polarización.

Tres son los **modos de funcionamiento** posibles de un transistor, según el tipo de polarización aplicada a sus dos uniones PN: **en corte, en activo** y **en saturación.** El símil hidráulico de la tabla permite entender mejor el funcionamiento del transistor en cada uno de ellos:

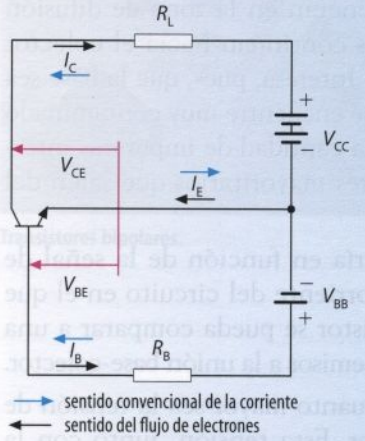
Te interesa saber

Si se utiliza el transistor como amplificador con dos terminales de entrada y dos de salida, se pueden realizar los siguientes montajes:



Curva característica	Modo	Características	Símil hidráulico
	Corte	■ La unión base-colector está polarizada inversamente y la tensión de polarización directa $V_{BE} < 0{,}7$ V (para transistores de silicio). ■ En estas condiciones, se cumple que $I_B = I_C = I_E = 0$. ■ El transistor se comporta como un interruptor abierto e impide el paso de corriente entre emisor y colector.	
	Activo o lineal	■ La unión base-emisor está polarizada directamente ($V_{BE} > 0{,}7$ V), y la unión base-colector lo está inversamente. ■ *El transistor conduce parcialmente, y la corriente de colector varía* en función de la corriente de base: $I_C = \beta \cdot I_B$. ■ La tensión colector-emisor se sitúa en valores comprendidos entre 0,2 V y la tensión de alimentación.	
	Saturación	■ Las dos uniones están polarizadas directamente. ■ El transistor conduce plenamente (se comporta como un interruptor cerrado) y se cumple que: $I_C \leq \beta \cdot I_B$ ■ La tensión entre colector y emisor es de unos 0,2 V.	

Magnitudes básicas



Las tensiones y corrientes en régimen estático (polarización en continua) son:

- I_C: corriente del colector.
- I_B: corriente de la base.
- I_E: corriente del emisor.
- V_{CE}: tensión entre el colector y el emisor.
- V_{BE}: tensión entre la base y el emisor.
- V_{CC}: tensión de la fuente de polarización del colector.
- V_{BB}: tensión de la fuente de polarización de la base.

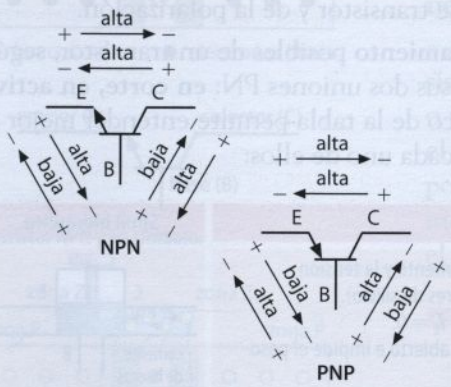
Usos del transistor

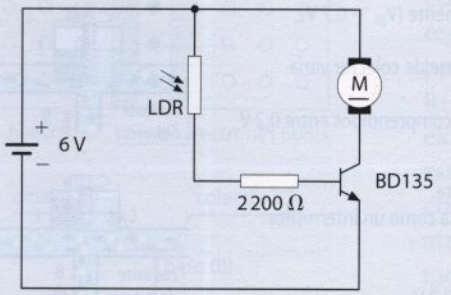
Las dos **aplicaciones** fundamentales del transistor son como **amplificador** (modo lineal) y como **interruptor** (conmutación). Un amplificador es un dispositivo con dos terminales de entrada y dos de salida. Cuando está polarizado en continua (sin señal alterna de entrada) en las condiciones descritas para la región activa o lineal y se aplica a la entrada una señal eléctrica de pequeña amplitud, a la salida se obtendrá otra señal con la misma forma, pero de mayor amplitud. Por otro lado, cuando el transistor trabaja en las regiones de corte y saturación, puede ser utilizado como un interruptor con sus dos estados de funcionamiento: abierto o cerrado.

Los parámetros del transistor, sus características de funcionamiento, el tipo de encapsulado y la identificación de los terminales, entre otros datos, figuran en las tablas de los catálogos y en los manuales específicos. A continuación, se exponen algunos **parámetros** básicos (referidos a un montaje en emisor común) que se deben conocer a la hora de elegir el transistor más adecuado para un determinado circuito de aplicación:

- **Ganancia de corriente (β).** Es la relación que existe entre la variación de la corriente de colector y la variación de la corriente de base: $\beta = \Delta I_C/\Delta I_B$. Normalmente se sitúa entre 50 y 300. En algunas hojas de especificaciones técnicas se identifica por h_{FE} en lugar de β. Es un parámetro adimensional.
- **Intensidad de colector máxima ($I_{Cmáx}$).** Indica la corriente máxima que puede pasar por el receptor conectado en la salida de la etapa amplificadora. Se expresa en mA o en A.
- **Potencia total (P).** Permite conocer la potencia total que es capaz de disipar el transistor. Se expresa en mW o en W.
- **Tensión máxima entre colector y emisor ($V_{CE0máx}$).** Es la tensión máxima que es capaz de soportar el transistor entre colector y emisor sin que se destruya. Se expresa en V.

Para practicar





1. Identifica mediante un polímetro digital el tipo de transistor proporcionado por tu profesor, así como sus terminales. En caso de que el polímetro disponga de zócalo para insertar transistores, mide también su ganancia. Contrasta los resultados obtenidos con los suministrados en las tablas y catálogos del fabricante.
   Para determinar los terminales, puede ayudar el gráfico del margen. Cuando las dos uniones del transistor están polarizadas en directo, tienen una resistencia de pequeño valor y la unión base-colector presenta una menor resistencia.
2. Monta sobre una placa protoboard el circuito representado en el margen. Instala en el eje del motor algún elemento (hélice, rueda…) que permita observar con claridad las variaciones de velocidad que se produzcan en el mismo durante esta experiencia. Analiza y comenta su funcionamiento en diferentes condiciones de luminosidad y mide con un amperímetro la corriente de base y la corriente de colector del transistor utilizado en cada caso. Calcula la ganancia de corriente en el montaje realizado.
3. Diseña un circuito que permita avisar a una persona invidente de la existencia de agua en el suelo del cuarto de baño. Para su elaboración dispones de una placa protoboard, un transistor, algunas resistencias, un zumbador y cable de cobre para la confección de los dos electrodos (que se situarán en el suelo) y para las conexiones.
   Aumenta y reduce la distancia entre los electrodos. Indica qué resultados se obtienen y por qué.

Identificación de terminales	Parámetros
C B E vista superior	BC547 Tipo: NPN $I_{Cmáx} = 100$ mA $P_{máx} = 500$ mW $V_{CE0máx} = 45$ V $\beta = h_{FE} > 110$
BD135 E C B	BD135 Tipo: NPN $I_{Cmáx} = 1$ A $P_{máx} = 8$ W $V_{CE0máx} = 45$ V $\beta = h_{FE} > 40$
C E B	2N3055 Tipo: NPN $I_{Cmáx} = 15$ A $P_{máx} = 115$ W $V_{CE0máx} = 70$ V $\beta = h_{FE} > 20$

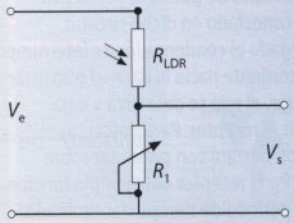
Características de algunos transistores.

Te interesa saber

En los circuitos estudiados aparece un diodo conectado en paralelo con la bobina del relé y en polarización inversa. Este diodo sirve para proteger el transistor de posibles sobretensiones derivadas de la conmutación de corriente que se produce en la bobina del relé.

Divisor de tensión

Para conectar un sensor (LDR, NTC, etc.) a un circuito con transistores, se puede utilizar un **divisor de tensión.** Su función es aprovechar los cambios de resistencia que se producen en el captador y convertirlos en variaciones de tensión en los bornes de una resistencia (fija o variable) conectada en serie con aquel.



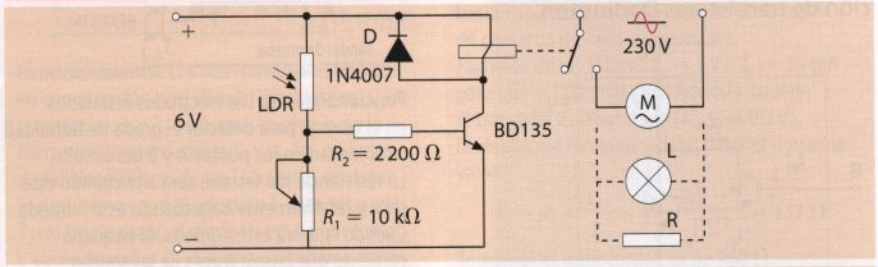
La tensión de salida (V_s) es:

$$V_s = V_e \cdot \frac{R_1}{R_{LDR} + R_1}$$

Circuitos de aplicación con transistores

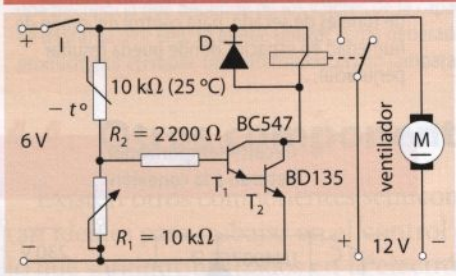
Para comprender mejor la importancia de los componentes estudiados, se proponen a continuación algunos circuitos que pueden facilitar el control o gobierno de los proyectos que se realicen en el aula-taller.

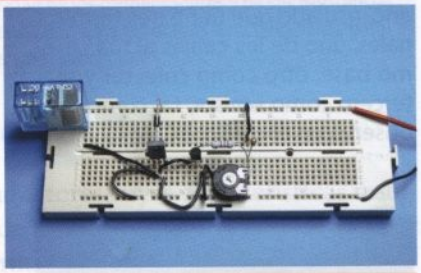
Interruptor electrónico accionado mediante LDR



Funcionamiento. A medida que aumenta el nivel de iluminación desciende el valor de la resistencia de la LDR, con lo que se eleva el potencial eléctrico en la base del transistor, la corriente de base y, como consecuencia, la corriente de colector.
En la oscuridad, el transistor estará en **corte,** y cuando la LDR reciba luz, entrará en **saturación,** haciendo que el relé se active y se cierre el circuito de potencia, donde se ha situado un receptor (motor, bombilla, resistencia…).
El potenciómetro (R_1) permite el ajuste de la sensibilidad del circuito.
Aplicaciones. Se utiliza en alarmas, circuitos de conmutación de luminarias, etcétera.
Si el receptor se conecta en el circuito de potencia a través del contacto NC del relé, dispondremos de un interruptor crepuscular: el receptor funcionará cuando no incida luz sobre la LDR (de noche) y estará apagado durante el día.

Control de temperatura

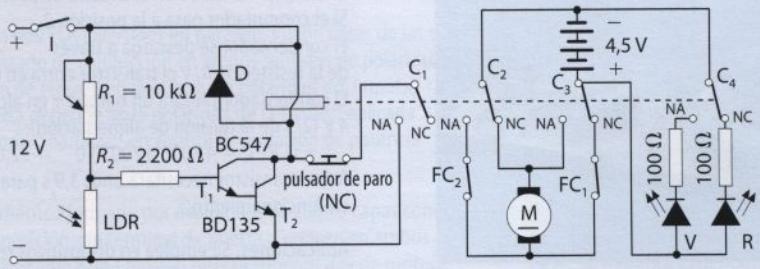




Funcionamiento. Cuando sube la temperatura, la resistencia de la NTC desciende, con lo que aumenta la corriente que pasa a su través. Esto hace que se incremente el potencial eléctrico en la base del transistor T_1 y que se sature. Con ello, T_2 entra también en saturación y se excita la bobina del relé, cerrando el contacto en el circuito de potencia y haciendo funcionar el ventilador. Si la temperatura se mantiene por debajo de lo establecido, los dos transistores estarán en corte y el ventilador no entrará en funcionamiento.
Para aumentar la ganancia de la etapa amplificadora, se ha utilizado un **montaje Darlington.**
Aplicaciones. Se usa en el control de la refrigeración forzada en invernaderos y otros recintos cerrados, dispositivos y aparatos electrónicos, etcétera.

Piensa y deduce

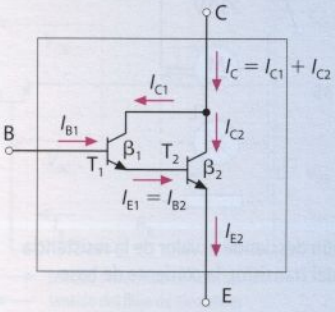
Observa el siguiente circuito. Se trata de un interruptor crepuscular con relé y contacto de enclavamiento.



Explica su funcionamiento y las posibles aplicaciones del mismo.

Montaje Darlington

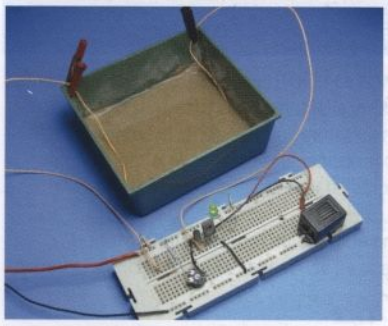
Cuando en un circuito se requiere una elevada ganancia de corriente, la amplificación que proporciona un único transistor no suele ser suficiente y se utiliza la configuración de transistores **Darlington.**



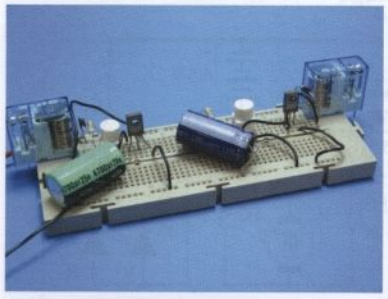
Puede estar compuesta por dos transistores o más. Como T_2 suele elegirse un transistor de elevada potencia (y baja ganancia), y como T_1, un transistor de señal con ganancia elevada. La ganancia del conjunto es:

$$\beta_T = \beta_1 \cdot \beta_2$$

Este montaje puede hallarse en un encapsulado que tiene tres terminales, uno de los cuales actúa como base, otro como colector y el tercero como emisor, tal como se observa en el gráfico.

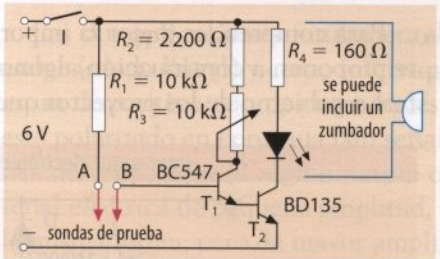


Detector de humedad. Los electrodos se han instalado en el interior de una caja que contiene tierra húmeda.



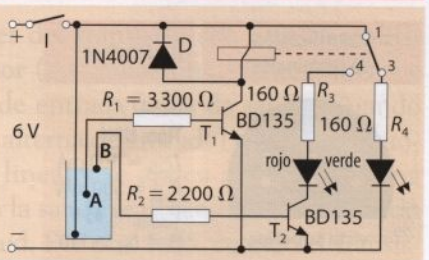
Circuitos temporizadores. En la misma placa se hayan los dos circuitos propuestos.

Detector de humedad



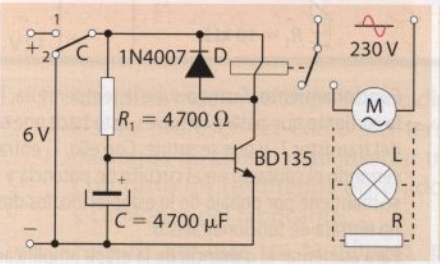
Funcionamiento. Los electrodos instalados en el terreno para detectar el grado de humedad se conectan en los puntos A y B del circuito. La resistencia del terreno será alta cuando esté seco y relativamente baja cuando esté húmedo. Cuando la tierra esté húmeda, la pequeña corriente que pasa a través de las sondas es amplificada a través de los dos transistores, lo que permite el encendido del diodo LED. La intensidad de la luz emitida por el diodo es proporcional al grado de humedad de la tierra analizada. El potenciómetro R_3 permite ajustar la sensibilidad del circuito.
Este circuito se puede aprovechar para regar el terreno cuando esté seco. Para ello, será necesario activar un relé y utilizar el contacto NC del mismo en el circuito de potencia (alimentación de una electrobomba).
Aplicaciones. Se usa para el control del riego en invernaderos y plantaciones, donde optimiza el consumo de agua, en regulación y control de túneles de secado, para control del grado de humedad en espacios donde pueda resultar perjudicial…

Señalizador de nivel de líquidos



Funcionamiento. Las tres sondas instaladas en el recipiente permiten detectar un nivel bajo, medio o máximo de agua en su interior.
Al conectar el circuito a la fuente de alimentación, si el agua se encuentra en su nivel mínimo, los dos transistores se hallarán en corte, el relé permanece en reposo y el conmutador de salida dejará pasar corriente eléctrica por los bornes 1 y 3, permaneciendo encendido el LED de color verde. Cuando el agua llega a la sonda A, se produce el paso de corriente eléctrica hasta la base de T_1, de modo que este entra en saturación y se activa la bobina del relé. En esta situación deja de funcionar el LED verde, y el rojo no se activa hasta que el agua no llegue a la sonda B. Cuando el agua alcance esta posición, ambos transistores conducirán y el diodo LED rojo se encenderá.
Aplicaciones. Este circuito avisa del nivel mínimo y máximo de líquidos en un recipiente. Cuando el nivel es medio, ambos LED permanecen apagados. Por tanto, se puede utilizar para vigilar el nivel de estanques, depósitos y otros recintos que almacenen líquidos.

Circuito temporizador (retardo a la conexión)

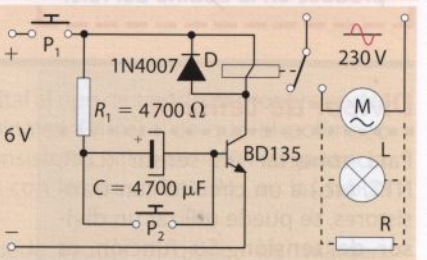


Funcionamiento. Cuando el conmutador se encuentra en la posición 1, el condensador comienza a cargarse a través de la resistencia R_1. Cuando la tensión en los bornes del condensador supera los 0,7 V (tensión umbral de la unión BE), el transistor deja pasar corriente entre colector y emisor, se activa el relé y se conecta a la red el receptor instalado en el circuito de potencia. Si el conmutador pasa a la posición 2, el condensador se descarga a través de la resistencia R_1 y el transistor entra en corte. El condensador tardará un tiempo τ en alcanzar 4 V (2/3 de la tensión de alimentación):

$$\tau = R \cdot C = 4700 \cdot 4700 \cdot 10^{-6} = 22{,}09\ s$$

Así, el transistor necesitará unos 3,9 s para entrar en funcionamiento.

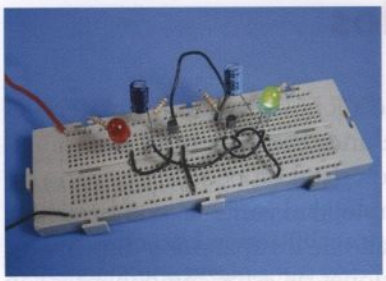
Temporización del funcionamiento de un receptor



Funcionamiento. Mientras se presiona sobre el pulsador P_1, el condensador se carga a través de la resistencia; durante ese período de tiempo está pasando corriente hacia la base del transistor, este se satura y, como consecuencia, pasa corriente por la bobina del relé, con lo que se cierra el circuito de potencia y se activa el receptor conectado en dicho circuito.
Una vez cargado el condensador, se interrumpe el paso de corriente hacia la base, el transistor entra en corte, el relé se desactiva y deja de funcionar el receptor. Para descargar el condensador, bastará con presionar sobre el pulsador P_2. El receptor del ejemplo funciona durante un período de tiempo determinado:

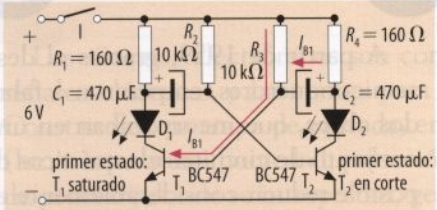
$$t_{carga} \cong 5 \cdot \tau = 5 \cdot 4700 \cdot 4700 \cdot 10^{-6} = 110{,}45\ s$$

Aplicaciones. Se emplea en dispositivos temporizadores que producen un retardo en la conexión o desconexión de receptores de todo tipo. Los tiempos de dichos retardos se pueden variar aumentando o reduciendo la capacidad del condensador de la red *RC*.



Circuito intermitente.

Juego de luces intermitente (astable)



Funcionamiento. Los dos transistores trabajan en conmutación, y el circuito es simétrico. Si las resistencias R_2 y R_3 no fueran iguales, o no lo fueran los condensadores C_1 y C_2, los períodos de funcionamiento de los LED serían distintos. Si suponemos que al principio T_1 está saturado, T_2 estará en corte, el diodo D_1 estará encendido y el condensador C_2 se estará cargando a través de T_1 y de R_4. Cuando el condensador C_2 se haya cargado, se interrumpirá el paso de corriente hacia la base de T_1, que entra en corte. En ese momento se inicia la carga del condensador C_1 a través de R_1, se activa T_2 y, con ello, se enciende el diodo D_2. Mientras se carga C_1, se descarga C_2 a través de la resistencia R_3 y de T_2, aplicando un potencial negativo en la base de T_1 y manteniéndolo en corte. A partir de este momento, se repite el proceso. Los cambios de estado se producen mediante las descargas de los condensadores.

Ejemplo de cálculo

La duración de cada semiciclo, o bien el tiempo de funcionamiento de cada LED en el circuito representado, será:

$t_1 = 0{,}69 \cdot R_3 \cdot C_2 = 0{,}69 \cdot 10^4 \cdot 470 \cdot 10^{-6} = 3{,}24$ s

$t_2 = 0{,}69 \cdot R_2 \cdot C_1 = 0{,}69 \cdot 10^4 \cdot 470 \cdot 10^{-6} = 3{,}24$ s

Si se desea que ambos tiempos sean diferentes, basta con actuar sobre los valores de la red RC de descarga de cada condensador.

Partimos de los valores $V_U = 2$ V e $I_D = 25$ mA para que el LED emita luz. Además, cuando el transistor está saturado ($V_{CE(sa)} \approx 0{,}2$ V), la resistencia limitadora debe tener el siguiente valor:

$$R_1 = R_4 = \frac{V_{R1}}{I_D} = \frac{6 - 0{,}2 - 2}{25 \cdot 10^{-3}} = 152\ \Omega$$

Tomamos el valor comercial de 160 Ω.

Al tratarse de un transistor BC547, $\beta > 110$.

Para que pase una corriente de colector de 25 mA, se necesita una corriente de base mínima de:

$$I_{B(sat)} \geq \frac{I_{C(sat)}}{\beta} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{110} = 2{,}3 \cdot 10^{-4}\ \text{A}$$

Por ejemplo, en T_1, I_B es:

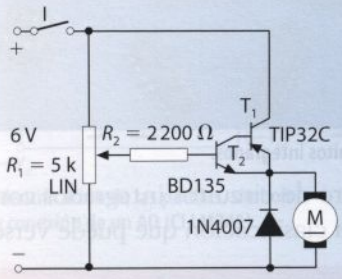
$$I_{B1} = \frac{V_{R3}}{R_3} = 6 - \frac{V_{BE1}}{R_3} = \frac{6 - 0{,}7}{10\,000} = 5{,}3 \cdot 10^{-4}\ \text{A}$$

Es, por consiguiente, superior a la necesaria para su saturación.

Aplicaciones. En la salida de un multivibrador **inestable** o **astable** se obtiene una onda cuadrada, con una frecuencia que depende de los valores de la capacidad de los condensadores y de sus resistencias de descarga. Por ello, se puede utilizar como generador de impulsos cuadrados o rectangulares, para producir, por ejemplo, una intermitencia con lámparas y otros receptores.

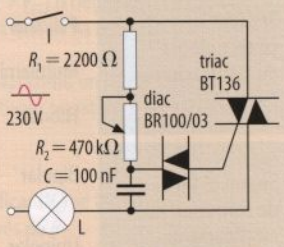
Regulador de velocidad de un motor de CC

En algunas ocasiones necesitamos regular la velocidad de los motores de CC utilizados en el taller de tecnología. Existen diferentes métodos para conseguirlo, de entre los cuales podemos destacar el circuito que se propone a continuación:



4.4. Otros componentes activos

Existen otros componentes semiconductores cuyas características resultan ideales para trabajar en el control de grandes corrientes eléctricas, por lo que son muy utilizados en la electrónica de potencia.

	Componente	Símbolo	Características	Ejemplo de aplicación
Tiristores	Rectificador controlado de silicio (SCR)		Actúa como conmutador, rectificador y amplificador a la vez. Es similar a un diodo rectificador, al que se ha añadido un tercer terminal llamado **puerta**, gracias al cual se puede controlar con precisión el instante en que se inicia la conducción del mismo. Se trata de un cristal semiconductor con 4 zonas de dopado (PNPN) y 3 uniones, que conduce únicamente en un sentido cuando la puerta se excita positivamente o cuando se supera su tensión de ruptura. El método más empleado para producir su conducción es el disparo de puerta por pulso de tensión. En polarización inversa se comporta como un diodo normal. Se utiliza para la rectificación de grandes potencias, en la regulación de velocidad de motores eléctricos y como sustituto del relé electromagnético, proporcionando una conmutación más rápida y segura al no poseer contactos móviles.	 Es un regulador de luminosidad para una lámpara de potencia no superior a 500 W. El potenciómetro permite regular el tiempo de carga del condensador. Al alcanzarse la tensión de ruptura del diac, este entra en conducción y se produce la descarga del condensador hacia la puerta del triac, provocando su conducción. Variando el valor de R_2, se modifica el período de conducción del triac y la potencia de la lámpara.
	Triac		Se comporta como dos SCR invertidos en paralelo. Puede pasar de un estado de bloqueo a un estado de conducción en ambos sentidos de polarización, aplicando un pulso de tensión en la puerta. La polaridad del impulso de disparo de puerta depende de la polaridad de la tensión aplicada entre ánodo y cátodo. Se utilizan en control y regulación de potencia en CA.	
	Diac		Es un elemento simétrico formado por dos diodos de cuatro capas conectados en paralelo y en oposición, sin terminal de puerta. Conduce en ambos sentidos cuando se le aplica una tensión directa superior a la de ruptura de la unión polarizada. Se utiliza como dispositivo auxiliar para producir los impulsos necesarios para la conducción del SCR y del triac.	

5 Circuitos integrados

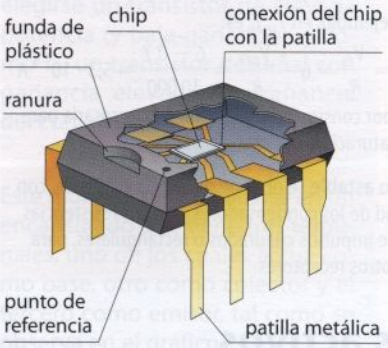
Te interesa saber

A finales de los años cincuenta, la empresa Fairchild Semiconductor fue la primera en fabricar circuitos integrados utilizando la técnica **planar.**

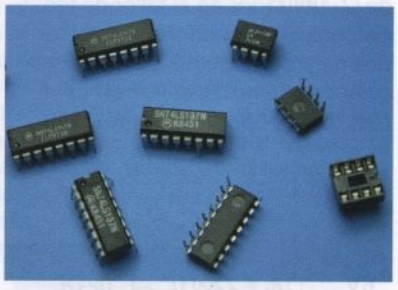
Por su parte, Intel fabricó el primer microprocesador (4004) en el año 1971. Hasta esta fecha, la densidad de elementos activos integrables en un sustrato se multiplicaba por 4 cada 2 años. Los **microchips** actuales llegan a contener hasta 12 millones de transistores.

A partir de 1959, gracias al desarrollo tecnológico de los materiales semiconductores, empezaron a fabricarse unos componentes, denominados **chips,** que incorporaban en un único cristal de pequeño tamaño un conjunto de circuitos electrónicos de complejidad variable, con lo que fue posible reducir considerablemente el tamaño de los aparatos y dispositivos electrónicos. En la actualidad, las dimensiones de estos componentes son muy reducidas (de 2 mm^2 a 4 mm^2, e incluso menos).

El **chip,** construido normalmente de silicio, está encapsulado en una funda de plástico que permite manipular fácilmente el componente y disipar mejor el calor, y que puede tener un tamaño centenares de veces mayor que el propio circuito. Los terminales de este están conectados a una serie de patillas que permiten soldarlo a los circuitos impresos exteriores. El conjunto formado por el chip, el encapsulado y las patillas se denomina **circuito integrado,** o CI (en inglés, IC, de *integrated circuit)*.



Las ventajas de los circuitos integrados en comparación con los componentes discretos son, entre otras, la reducción de los costes de fabricación, una mayor fiabilidad del circuito y, por tanto, la disminución de las averías, el incremento en la velocidad de respuesta, la miniaturización de los circuitos y el aumento de la automatización en la fabricación de equipos electrónicos. Su mayor inconveniente es que, en caso de avería, no pueden ser reparados y hay que reemplazarlos por otros.


Circuitos integrados.

En la actualidad se fabrica un gran número de circuitos integrados con aplicaciones muy diversas. Cabe establecer la clasificación que puede verse en la siguiente tabla:

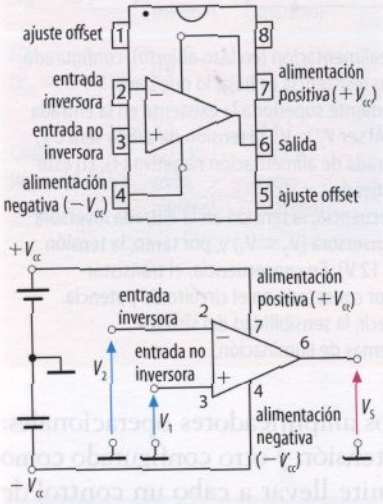
Criterio	Tipo	Características
Según su tecnología de fabricación	Monolítico	Todos los componentes se construyen sobre el mismo cristal semiconductor o chip.
	Pelicular	Los componentes se van formado sobre la base de un sustrato aislante.
	Multilaminar	Los componentes se forman en capas diferentes y se unen a través de un sustrato común.
	Híbrido	Se utilizan todas las técnicas anteriores para la formación de los componentes.
Según el tipo de transistor empleado	Bipolar	Se forman a partir de transistores NPN o PNP y, según la forma de trabajo para la que estén diseñados, dan lugar a diferentes familias de circuitos: RTL, DTL, TTL, ECL, I^2L.
	Unipolar	Se forman a partir de transistores MOSFET y, según sea el tipo de transistor utilizado, se clasifican en NMOS, PMOS y CMOS. Consumen menos corriente que los bipolares.
Según el grado de integración	SSI (Small Scale Integration)	Integración a pequeña escala (menos de 100 transistores por chip).
	MSI (Medium Scale Integration)	El número de transistores integrados en un solo chip varía entre 100 y 1 000.
	LSI (Large Scale Integration)	Integración a gran escala (entre 1 000 y 10 000 transistores por chip).
	VLSI (Very Large Scale Integration)	En un único chip se integran más de 10 000 transistores.
Según su aplicación	Circuito integrado analógico o lineal	La señal de salida varía en el tiempo de acuerdo con la señal aplicada en la entrada. Dentro de un rango mínimo y máximo, puede tener infinidad de valores intermedios.
	Circuito integrado digital	La señal de salida puede tener un valor mínimo (0 lógico) o un valor máximo (1 lógico), pero nunca un valor intermedio entre ambos.
	Circuito integrado específico	Realiza funciones que emplean tanto la tecnología analógica como la digital.

6 Sistemas electrónicos

Te interesa saber

Los transductores, detectores o **sensores** son elementos que convierten parámetros físicos (temperatura, presión, luz, velocidad...) en señales eléctricas débiles, que deben amplificarse mediante sistemas electrónicos analógicos —**amplificadores**— para ser tratadas posteriormente.

Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos que operan con señales eléctricas y las tratan para ejecutar una determinada función. Constan de una etapa de **entrada,** en la que se recogen datos del exterior (luz, temperatura, humedad, pulsación en un teclado, etc.), y de una etapa de **proceso,** donde se interpretan, gestionan y elaboran los resultados que permiten activar los dispositivos de **salida.** En función del tipo de señal, los sistemas electrónicos pueden ser **analógicos** o **digitales.** En un sistema **analógico,** la señal puede tomar infinitos valores continuos diferentes en un intervalo determinado. En un sistema **digital,** sin embargo, la información solo puede adoptar dos valores diferentes, denominados **estados lógicos** (0 y 1). En el universo, casi todos los parámetros físicos son analógicos. Si se desean tratar de forma digital, es necesario convertir el formato analógico en digital, y viceversa. Es habitual encontrar sistemas **mixtos,** formados por bloques analógicos y digitales.

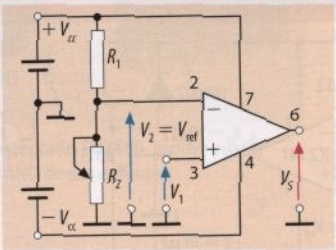
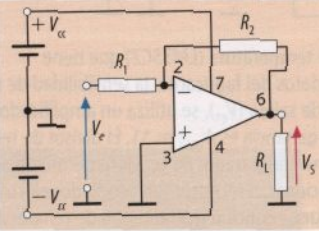
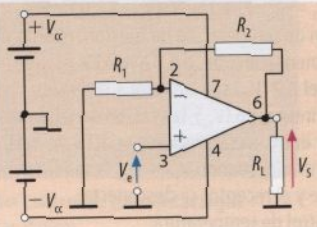


Identificación de las patillas, símbolo y conexión de un AO (CI LM741).

6.1. Amplificador operacional 741

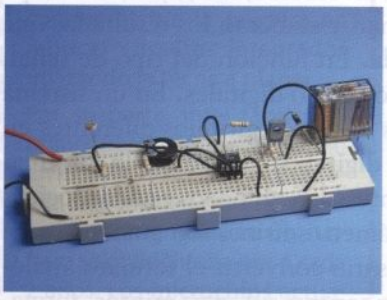
Se trata de un circuito integrado que incluye un amplificador diferencial con dos entradas en oposición de fase. Con el uso de amplificadores operacionales (AO) se pueden conseguir grandes ganancias de tensión para aplicaciones de pequeña potencia en un amplio margen de frecuencias a un coste muy reducido. Se utilizan en amplificación, filtros, fuentes de alimentación, generadores de ondas, comparadores, etcétera.

Un AO tiene tres etapas. La primera consta de un amplificador diferencial, capaz de amplificar la diferencia entre dos tensiones de entrada; la segunda proporciona una elevada ganancia, y la tercera se compone de un amplificador, generalmente en colector común, que proporciona una baja impedancia de salida. Destacan, entre otras, las siguientes configuraciones:

	Esquema	Expresiones	Características
Comparador de tensiones		En el circuito se cumple que: $V_2 = V_{ref} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ Si $V_1 > V_2 \Rightarrow V_S \cong +V_{CC}$ Si $V_1 < V_2 \Rightarrow V_S \cong -V_{CC}$	■ Al aplicar dos tensiones (V_1 y V_2) en las entradas, las compara y proporciona en la salida una tensión cercana a la de alimentación positiva ($+V_{CC}$) o negativa ($-V_{CC}$), según cuál sea la entrada en la que se ha aplicado el mayor voltaje. ■ En esta configuración trabaja como un amplificador *en la zona de saturación, positiva o negativa, respectivamente.*
Amplificador inversor		La **ganancia de tensión** a lazo cerrado ($A_{V(LC)}$) es: $A_{V(LC)} = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$ El signo negativo indica que hay una inversión de fase entre la entrada y la salida.	■ La señal que se va a amplificar (V_e) se introduce por la entrada inversora a través de R_1. ■ Al tratarse de un amplificador, la señal de salida (V_s) será proporcional a la de entrada y aparecerá invertida con respecto a esta. ■ El gráfico muestra que se trata de un sistema con realimentación, ya que R_2 toma una muestra de la tensión *de salida y la introduce por la entrada.*
Amplificador no inversor		La **ganancia de tensión** de un AO sin realimentación es muy elevada. Con realimentación no inversora en lazo cerrado ($A_{V(LC)}$): $A_{V(LC)} = \frac{V_s}{V_e} \cong 1 + \frac{R_2}{R_1}$	■ En este montaje, la señal de salida es la de entrada, amplificada y en fase con ella. ■ La tensión de realimentación se consigue mediante el divisor de tensión formado por R_1 y R_2, al que se ha aplicado la tensión de salida. Este tipo de realimentación proporciona una buena estabilidad, una resistencia de entrada alta *y de salida baja, lo que convierte a este montaje en un sistema* muy adecuado para amplificadores lineales.

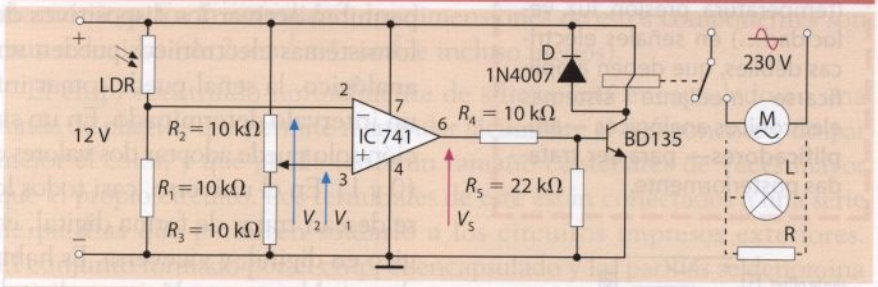
Circuitos con amplificadores operacionales

El funcionamiento del circuito siguiente es muy similar al incluido en el apartado de transistores, aunque en este caso se utiliza un amplificador operacional, que, entre otras ventajas, aporta una mayor sensibilidad a las variaciones obtenidas en la LDR.



Montaje del interruptor crepuscular en una placa protoboard.

Interruptor crepuscular con amplificador operacional



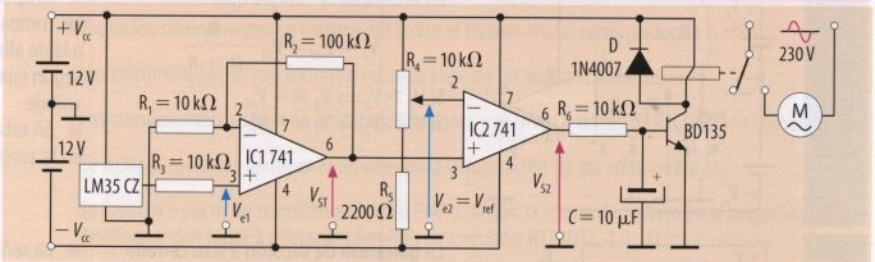
Funcionamiento. En este montaje se emplea un AO sin realimentación (en lazo abierto), configurado como comparador de tensión. Cuando la LDR recibe luz, su resistencia es baja, lo que hace que la tensión en la entrada inversora (2) sea alta, posiblemente superior a la existente en la entrada no inversora (lo cual depende del ajuste realizado en R_2). Al ser $V_2 > V_1$, la tensión de salida será 0 V, ya que no se ha empleado polarización negativa en la entrada de alimentación negativa (4). En este caso, el transistor se hallará en corte y el relé estará desactivado.
En la oscuridad, la resistencia de la LDR será alta; en consecuencia, la tensión en la entrada inversora será inferior al nivel de referencia fijado en la entrada no inversora ($V_2 < V_1$) y, por tanto, la tensión en la salida será igual a la tensión de alimentación ($V_{CC} = 12$ V). En consecuencia, el transistor se hallará saturado, el relé activado y funcionará el receptor conectado en el circuito de potencia. R_2 permite fijar el nivel de iluminación de referencia, es decir, la sensibilidad del sistema.
Aplicaciones. Se emplea en el control automático de sistemas de iluminación.

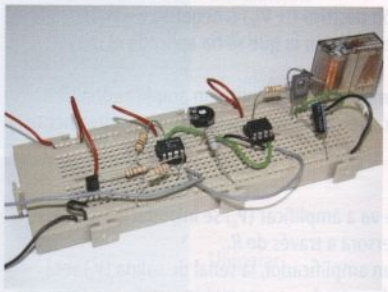
Te interesa saber

El nombre de **amplificador operacional** se debe a que una de las aplicaciones de estos circuitos integrados es la de realizar operaciones matemáticas, como la de la suma, la resta, la diferenciación y la integración, según sea la configuración utilizada.

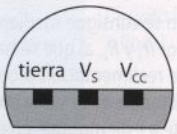
En el siguiente montaje se utilizan dos amplificadores operacionales: uno con realimentación no inversora de tensión y otro configurado como comparador de tensión. El montaje permite llevar a cabo un control de temperatura más sensible y lineal que el que se ha propuesto en el apartado de transistores.

Control de temperatura





Montaje del control de temperatura en una placa protoboard.



Identificación de terminales en el sensor de temperatura LM35 CZ.

Funcionamiento. En este circuito se utiliza un sensor de temperatura (LM35CZ) que tiene un comportamiento más lineal que una NTC. Según los datos del fabricante, la sensibilidad de este componente es de 10 mV/°C. Para amplificar esta señal de salida (V_{e1}), se utiliza un amplificador operacional con realimentación no inversora (IC1), cuya ganancia es $A_{V(LC)} = 11$. El divisor de tensión situado en la entrada inversora del IC2 (configurado como comparador de tensión) permite fijar la temperatura de referencia a partir de la cual debe funcionar el receptor (un ventilador eléctrico, por ejemplo). A partir de los conocimientos adquiridos, se puede concluir que el rango de temperaturas de este montaje se situará entre 19 °C ($V_{e1} = 0{,}19$ V y $V_{s1} = 2{,}1$ V) y 109 °C ($V_{e1} = 1{,}09$ V y $V_{s1} = 12$ V), dependiendo del ajuste del potenciómetro R_4. El margen de temperatura de funcionamiento del sensor es de −40 °C a +110 °C, y el de la tensión de alimentación, de +4 V a +20 V.
Cuando la tensión aplicada en la entrada no inversora del IC2 (V_{s1}) sea superior a la tensión de referencia prefijada en la entrada inversora de dicho integrado (V_{e2}), la tensión de salida de este amplificador operacional es de 12 V ($+V_{CC}$), el transistor entra en saturación y se activa el relé, poniendo así en funcionamiento el ventilador. Por el contrario, cuando $V_{s1} < V_{e2}$, la salida del integrado entrega −12 V, el transistor entra en corte y el receptor se desconecta.
Aplicaciones. Se utiliza en sistemas automáticos de control de temperatura.

6.2. Sistemas electrónicos digitales

En los sistemas electrónicos digitales la información solo puede adoptar dos valores o estados, denominados **estados lógicos:** nivel alto **(1)** y nivel bajo **(0)**. Los **sistemas digitales** se dividen en:

- Sistemas **combinacionales.** Son aquellos en los que el valor de la salida depende en todo momento de los valores binarios que adopten las entradas.
- *Sistemas* **secuenciales.** *Son aquellos en los que el valor de la salida* depende de las entradas en ese mismo instante y en instantes anteriores. Necesitan, por tanto, algún tipo de **memoria** que les permita almacenar el valor de las entradas en los instantes anteriores.

En electrónica digital se dispone de **códigos** para ponderar cantidades y procesar la información. A la hora de valorar magnitudes, compararlas, operar con ellas y contar, son necesarios sistemas de numeración que faciliten dichas tareas. El sistema de numeración en base dos o código binario natural, los códigos BCD (Binary Codex Decimal) y los códigos no ponderados alfanuméricos, como el hexadecimal o el ASCII, son los más empleados.

Para pasar un número de un código cualquiera al sistema decimal, se multiplica cada coeficiente por la base elevada al exponente que ocupa y después se suman los resultados. Por ejemplo:

$$(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (13)_{10}$$

Por su parte, para pasar de un número en código decimal a otro sistema, se divide sucesivamente dicho número por la base del nuevo sistema hasta que el cociente sea indivisible. El último cociente será el dígito de mayor peso y le seguirán los restos obtenidos, hasta el primero.

Por ejemplo, para convetir el número $(252)_{10}$ a base 2, se procede del siguiente modo:

```
252 |2
05  126 |2
 12  06  63 |2
  0   0  03  31 |2
          1  11  15 |2
              1   1  7 |2
                     1  3 |2
                        1  1
```

Por tanto:

$$(252)_{10} = (11111100)_2$$

Funciones y puertas lógicas

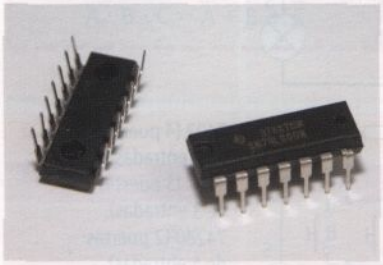
Los circuitos lógicos combinacionales tienen como estructura básica las denominadas **puertas lógicas,** dispositivos electrónicos cuya respuesta de salida está en función del valor de las entradas y viene determinada por las funciones lógicas básicas. Cada puerta lleva el nombre de la función lógica a la que equivale y su resultado queda reflejado en su tabla de verdad.

La interconexión de puertas lógicas permite construir circuitos lógicos completos. La operación de plasmar una función lógica en su circuito correspondiente se denomina **implementar** la función.

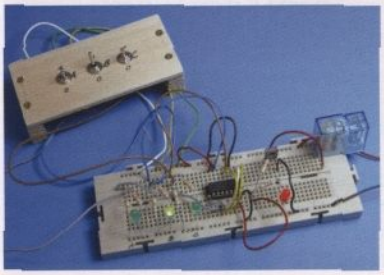
El 1 y el 0 del sistema binario

Los valores de la tensión correspondiente al nivel alto y bajo de una señal digital dependen de la tecnología empleada para la construcción del circuito integrado del componente lógico. Estos valores son, en lógica positiva:

Familia	1 lógico	0 lógico
TTL (V_{cc} = 5 V)	5 V (2 V como mínimo)	0 V (0,8 V como máximo)
ECL (V_{cc} = −5,2 V)	0 V	−5,2 V
CMOS (V_{cc} = 3,5-15 V)	V_{cc} (2/3 V_{cc} como mínimo)	0 V (1/3 V_{cc} como máximo)



Circuito integrado SN7400. Incluye cuatro puertas NAND de dos entradas.



Montaje del control de un montacargas con puertas lógicas.

En la tabla siguiente aparecen las puertas y funciones lógicas más utilizadas, los símbolos correspondientes, la tabla de verdad para cada una de ellas, su configuración equivalente y los circuitos que las contienen.

Puerta	Símbolos ASA y DIN	Función	Tabla de verdad	Configuración equivalente	Circuito integrado (TTL)
INVERSORA (NOT)		Negación lógica $S = \overline{A}$	A S 0 1 1 0		7404 (6 puertas)
AND		Producto lógico $S = A \cdot B$	A B S 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1		7408 (4 puertas de 2 entradas), 7411 (3 puertas de 3 entradas), 7421 (2 puertas de 4 entradas)
NAND		Función complementaria de la AND $S = \overline{A \cdot B}$	A B S 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0		7400 y 7437 (4 puertas de 2 entradas), 7410 (3 puertas de 3 entradas), 7420 y 7440 (2 puertas de 4 entradas), 7430 (1 puerta de 8 entradas)
OR		Suma lógica $S = A + B$	A B S 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1		7432 (4 puertas de 2 entradas)
NOR		Función complementaria de la OR $S = \overline{A + B}$	A B S 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0		7402 (4 puertas de 2 entradas), 7427 (3 puertas de 3 entradas), 74260 (2 puertas de 5 entradas)
OR-EXCLUSIVA (EXOR)		Generadora de paridad par $S = A \oplus B = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$	A B S 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0		7486 (4 puertas de 2 entradas)
NOR-EXCLUSIVA (EXNOR)		Generadora de paridad impar $S = \overline{A \oplus B} = \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot B$	A B S 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1		74266 (4 puertas de 2 entradas con salidas en colector abierto)

Te interesa saber

George Boole desarrolló a mediados del siglo XIX un modelo matemático conocido como **álgebra de Boole**, que establece una serie de propiedades, leyes, postulados y teoremas para las operaciones lógicas. Destacan las siguientes propiedades y leyes:

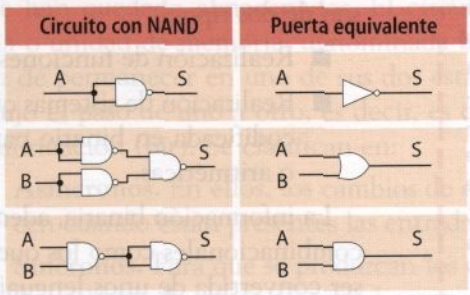
Suma	Producto
$A+B=B+A$	$A\cdot B=B\cdot A$
$A+0=A$	$A\cdot 1=A$
$A+\overline{A}=1$	$A\cdot\overline{A}=0$
$(A+B)+C=$ $=A+(B+C)$	$(A\cdot B)\cdot C=$ $=A\cdot(B\cdot C)$
$A+(B\cdot C)=$ $=(A+B)\cdot(A+C)$	$A\cdot(B+C)=$ $=A\cdot B+A\cdot C$
$A+A=A$	$A\cdot A=A$
$A+1=1$	$A\cdot 0=0$
$\overline{\overline{A}}=A$	
$A+A\cdot B=A$	$A\cdot(A+B)=A$

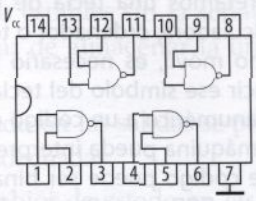
Entre los teoremas destaca la ley de equivalencia o **teorema de Morgan:**

$$\overline{A+B+C}=\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}$$

$$\overline{A\cdot B\cdot C}=\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$$

El teorema de Morgan permite simplificar las funciones lógicas de forma que para implementarlas solo sean necesarias puertas NOR y NAND. En la práctica, se ha impuesto el criterio de utilizar la puerta NAND *como puerta universal, pues con ella es posible conseguir todas las demás.*





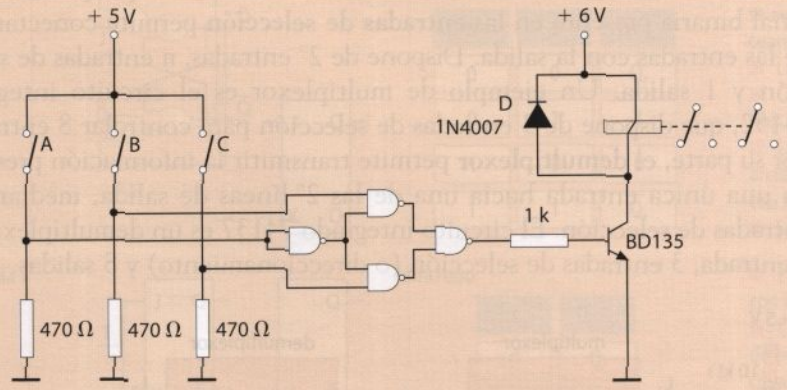
Circuito integrado 7400.

La simplificación de funciones lógicas es fundamental para facilitar las operaciones que se van a hacer con ellas y reducir el número y los tipos de circuitos integrados que se deben emplear, todo lo cual disminuye el coste del circuito. Esta simplificación puede realizarse de forma inmediata, aplicando las propiedades y leyes del álgebra de Boole, o por métodos gráficos, como los diagramas de **Karnaugh.**

A continuación, se expone un ejemplo de circuito de control con puertas lógicas que facilita la inversión de giro de un motor de CC y, con ello, el ascenso y descenso de la cabina de un montacargas en un proyecto de aula-taller. El estado de las entradas puede ser 1 —interruptor cerrado— o 0 —interruptor abierto—. El estado de las salidas puede ser:

- **1 (relé activado):** ascenso de la cabina hasta la planta primera. Se produce esta situación cuando se cierra el interruptor de la planta primera (B) o de la cabina (C) —o ambos a la vez— y el de la planta baja (A) está abierto.
- **0 (relé desactivado):** descenso de la cabina hasta la planta baja. Esta situación tiene lugar cuando se cierra el interruptor de la planta baja (A) o cuando todos los interruptores están abiertos.

Circuito lógico para el control de un montacargas (dos plantas)



A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

$$S=\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot C+\overline{A}\cdot B\cdot\overline{C}+\overline{A}\cdot B\cdot C\Rightarrow S=\overline{A}\cdot C+\overline{A}\cdot B\Rightarrow S=\overline{\overline{A}\cdot C\cdot\overline{A}\cdot B}$$

Funcionamiento. Cuando se acciona uno cualquiera de los interruptores situados en la planta primera (B) o en la cabina (C) o ambos a la vez, la salida se pone a 1 lógico ($V\geq 3{,}3$ V), el transistor entra en saturación y el relé se activa, desplazándose los contactos de salida y haciendo que el motor gire en un sentido tal que permita el ascenso de la cabina. Cuando se acciona el interruptor localizado en la planta baja (A), la salida se sitúa en 0 lógico, el transistor entra en corte y el relé se desactiva. En ese momento, los contactos de salida se desplazan hasta la posición de reposo, con lo que el motor gira en el sentido de descenso de la cabina. Es decir, el interruptor situado en la planta baja tiene prioridad de mando. En el circuito de potencia se deben instalar dos conmutadores tipo «final de carrera» para detener el ascenso o descenso de la cabina cuando llegue a la planta primera y a la planta baja, respectivamente.

Sistemas lógicos combinacionales

Sabemos que el estado de las salidas en un circuito combinacional depende únicamente del estado de las entradas. Estos circuitos son sistemas integrados digitales superiores a las puertas lógicas. Sus aplicaciones son de dos tipos:

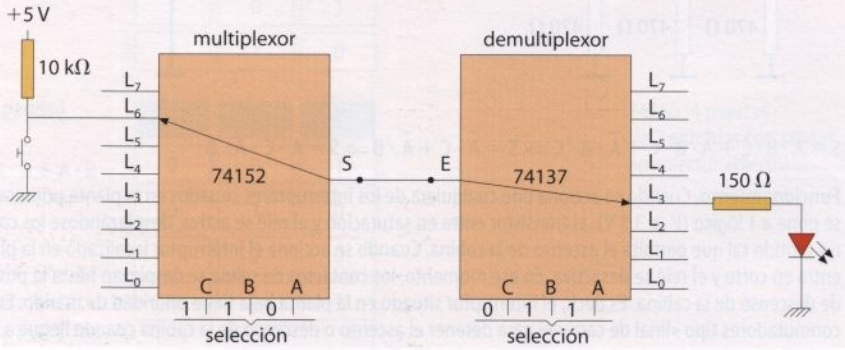
- Realización de funciones lógicas.
- Realización de sistemas que permiten procesar información numérica codificada en binario para someterla después a operaciones lógicas o aritméticas.

La información binaria, además de ser tratada mediante circuitos lógicos combinacionales como los que hemos visto en el apartado anterior, debe ser convertida de unos lenguajes y códigos a otros. Los componentes que realizan estas operaciones se denominan **codificadores** y **descodificadores.**

Un **codificador** es un circuito combinacional en el que, cuando se activa una de sus entradas, se produce una salida correspondiente en código binario. Dispone de 2^n líneas de entrada (como máximo) sin codificar, que proporcionan una salida de n líneas. Estos dispositivos se presentan en forma de circuito integrado, destacando entre ellos el 74147, un codificador de decimal a BCD con 9 entradas y 4 líneas de salida, que funciona con **lógica negativa.** Por su parte, un **descodificador** convierte una señal binaria en cualquier otro código. Es decir, al aplicar una combinación binaria en las entradas, se activa la salida correspondiente. Si dispone de n entradas, el número máximo de salidas será 2^n. El circuito integrado 7441 es un descodificador BCD a decimal que dispone de 4 entradas y 10 líneas de salida con lógica negativa.

Existen descodificadores denominados **excitadores** que convierten los códigos binarios en códigos adecuados para los distintos sistemas de visualización de datos. Entre ellos destaca el circuito integrado 7447, muy utilizado en displays de 7 segmentos.

Entre los dispositivos de direccionamiento de la información destacan el **multiplexor** y el **demultiplexor.** El funcionamiento del primero se puede comparar al de un conmutador eléctrico que permite dirigir un dato presente en una de sus entradas hacia la única salida que posee. Cada señal binaria presente en las **entradas de selección** permite conectar una de las entradas con la salida. Dispone de 2^n entradas, n entradas de selección y 1 salida. Un ejemplo de multiplexor es el circuito integrado 74152, que dispone de 3 entradas de selección para controlar 8 entradas. Por su parte, el **demultiplexor** permite transmitir la información presente en una única entrada hacia una de las 2^n líneas de salida, mediante n entradas de selección. El circuito integrado 74137 es un demultiplexor de 1 entrada, 3 entradas de selección (o direccionamiento) y 8 salidas.



Te interesa saber

Los circuitos digitales no pueden tratar datos en el sistema numérico decimal. Cuando apretamos una tecla de una calculadora, ordenador o teléfono móvil, es necesario traducir ese símbolo del teclado alfanumérico a un código que la máquina pueda interpretar. Ese código puede ser binario puro, BCD, etc. Para realizar esa conversión, se emplean los **codificadores.**

El *código BCD*

Las siglas *BCD* significan «decimal codificado en binario». En este código, los números de 0 a 9 se representan así:

	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

En el álgebra de Boole aplicada a los circuitos digitales se distinguen dos **tipos de lógica:**

- **Lógica positiva.** Al nivel de tensión más elevado se le asigna un 1 lógico, y al más bajo, un 0 lógico.
- **Logica negativa.** Al nivel más alto de tensión se le asigna el 0, y al más bajo, el 1.

Sistemas lógicos secuenciales

Te interesa saber

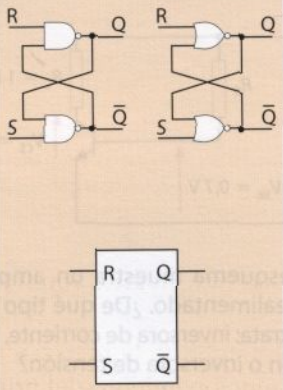
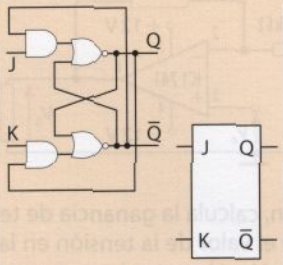
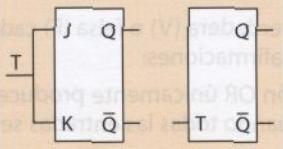
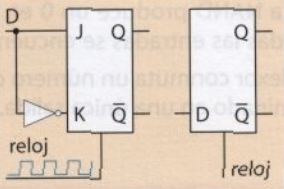
Las entradas del biestable son R (*reset:* «puesta a cero») y S (*set:* «puesta a uno»). Las salidas son Q_t y su complementaria $\overline{Q}_t$.

- Q_t es la salida del biestable en un instante determinado.
- $Q_{t+\Delta t}$ es la salida del biestable en el instante inmediatamente posterior.
- ↑ es el flanco ascendente, y ↓, el flanco descendente de la señal de reloj.

En estos circuitos lógicos, el valor de la salida en un instante determinado no solo depende del estado de las entradas en ese instante, sino también de los valores y estados que ha tenido el circuito anteriormente y que han quedado almacenados. El circuito secuencial básico es una célula o unidad de memoria, denominada **báscula, biestable** o **flip-flop,** capaz de permanecer en uno de sus dos estados estables sin la señal que produjo el paso de uno a otro, es decir, es capaz de almacenar la unidad de información (bit). Se clasifican en:

- **Asíncronos.** En ellos, los cambios de estado en las salidas se producen cuando están presentes las entradas adecuadas.
- **Síncronos.** Para que se produzcan los cambios de estado en las salidas, además de estar presentes las entradas adecuadas, se precisa una señal de reloj compartida por todos los biestables del sistema. La activación se produce, bien por nivel lógico, bien por el flanco de subida o bajada de dicha señal.

Según su construcción, las básculas se clasifican de la siguiente forma:

Tipo	Circuito y símbolo gráfico	Tabla de verdad	Características y aplicaciones
Báscula R-S		Asíncrono R, S, Q_t, $Q_{t+\Delta t}$ 0, 0, 0, 0 0, 0, 1, 1 0, 1, 0, 1 0, 1, 1, 1 1, 0, 0, 0 1, 0, 1, 0 1, 1, 0, X 1, 1, 1, X	■ Las siglas **R-S** provienen del acrónimo anglosajón de biestable *(Reset-Set).* ■ Las entradas a cero no producen variación del estado de la salida de la báscula. ■ Un 1 en la entrada S pone a 1 la salida, mientras que un 1 en la entrada R pone a 0 la salida, y un 1 en ambas entradas produce una situación de indeterminación (X). ■ Si uno de los 1 aplicados a R o a S desaparece para ceder su lugar a un 0, **las salidas no cambian debido a la realimentación de los circuitos.** La báscula ha guardado, pues, una **información en memoria.** ■ Si se quiere sincronizar su funcionamiento, se añade una entrada de reloj, que funciona conjuntamente con las entradas de control (R y S). La puesta a 0 o a 1 no tiene efecto hasta la llegada de la señal de reloj (↑). ■ Se encuentra en los CI 74118, 74119 y 74279.
Báscula J-K		Asíncrono K, J, $Q_{t+\Delta t}$ 0, 0, Q_t 0, 1, 1 1, 0, 0 1, 1, $\overline{Q}_t$	■ Se trata de una báscula R-S realimentada. De esta forma se evitan los estados en que la salida es indeterminada cuando las dos entradas están a 1 lógico. ■ La entrada J es equivalente a *set,* y K, a *reset.* ■ Cuando J y K están a 1, se convierte en un verdadero flip-flop, ya que la salida cambia al estado negado al que tiene. ■ La variante síncrona de esta báscula se obtiene añadiendo dos puertas AND a las entradas JK junto con la señal de reloj (al igual que en la báscula R-S). ■ Se encuentra en el CI 7470.
Báscula T		Asíncrono T, $Q_{t+\Delta t}$ 0, Q_t 1, $\overline{Q}_t$	■ El biestable T (del inglés *Toggle*) es un biestable J-K con las entradas unidas. ■ Cuando la entrada se pone a 1 lógico, la salida cambia de estado. De esta forma se obtiene una señal de salida cuya frecuencia es la mitad de la señal de entrada. ■ Se utiliza mucho en contadores.
Báscula D		D, Reloj, $Q_{t+\Delta t}$ 0, ↑, 0 1, ↑, 1 X, 0, Q_t	■ Son básculas J-K síncronas con una única entrada que se lleva tal cual a la entrada J y negada a la entrada K. ■ Reproducen en la salida el impulso de entrada, después de un cierto retardo (*delay,* de donde viene su nombre). ■ La salida no cambia de estado hasta la señal de reloj, con lo que almacena la información existente hasta ese instante. Por eso se denominan células de memoria *(latch).*

Actividades

1. Marca como verdadera (V) o falsa (F) cada una de las siguientes afirmaciones:

- ☐ En una resistencia NTC, el valor óhmico aumenta con la temperatura.
- ☐ En una LDR, la resistencia disminuye a medida que aumenta el nivel de iluminación.
- ☐ Los condensadores electrolíticos se pueden utilizar en corriente alterna.
- ☐ Cuando se supera la tensión de trabajo de un condensador, este se puede estropear.

2. Determina el valor óhmico de las siguientes resistencias, representado por los anillos de colores: R_1: rojo, rojo, marrón, plata; R_2: marrón, negro, oro, oro; R_3: amarillo, violeta, naranja, oro.

3. Calcula la carga eléctrica que almacena un condensador de 470 μF de capacidad cuando se conecta a una batería de 9 V. Determina la constante de tiempo de dicho condensador cuando se carga a través de una resistencia de 1 kΩ y el tiempo necesario para que se cargue.

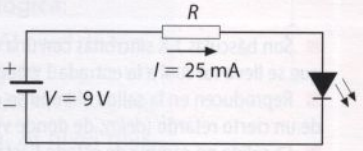
4. En un circuito se conectan 3 condensadores de 100 nF, 4 700 μF y 2 200 μF en paralelo a una batería de 9 V. Dibuja el circuito y averigua la capacidad del condensador equivalente, la carga del conjunto y la que almacena cada condensador.

5. ¿Qué capacidad tiene un condensador electrolítico que tarda un minuto en cargarse totalmente a través de una resistencia $R = 22$ kΩ?

6. Marca como verdadera (V) o falsa (F) cada una de las siguientes afirmaciones:

- ☐ Un cristal de tipo N se obtiene al impurificar un cristal de silicio con átomos donadores de electrones.
- ☐ Los portadores mayoritarios en un cristal de tipo P son los huecos.
- ☐ En una unión PN polarizada directamente, la barrera de potencial se ensancha.
- ☐ La tensión de umbral es la tensión que se alcanza cuando se destruye una unión PN.

7. En el circuito representado, calcula el valor óhmico y la potencia de la resistencia limitadora que se debe situar en serie con el diodo LED para evitar su deterioro, sabiendo que la tensión umbral (V_U) del LED es de 2 V, y la intensidad, de 25 mA.

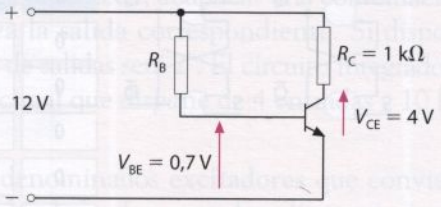


8. Marca como verdadera (V) o falsa (F) cada una de estas afirmaciones, relativas a transistores:

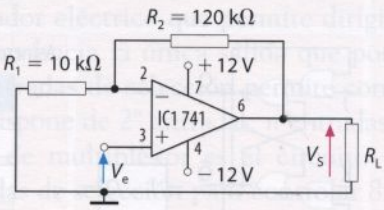
- ☐ En la zona activa, la unión base-emisor está polarizada directamente, y la unión base-colector, inversamente.
- ☐ Pequeñas variaciones de la corriente de base producen grandes variaciones en la de colector.
- ☐ En un montaje en emisor común, la señal que se va a amplificar se aplica por la base.
- ☐ El valor de los parámetros α y β suele ser aproximadamente igual.

9. En un transistor se ha medido una variación de la corriente de colector de 140 mA y una variación de la corriente de emisor de 141 mA. Calcula los parámetros de ganancia α y β del mismo.

10. Calcula el valor de la resistencia de base para que el transistor de la figura trabaje en zona activa y la tensión V_{CE} sea 4 V. Considera que el valor de la ganancia β es 50, que $V_{BE} = 0{,}7$ V y que $R_C = 1$ kΩ.



11. El siguiente esquema muestra un amplificador operacional realimentado. ¿De qué tipo de realimentación se trata: inversora de corriente, no inversora de tensión o inversora de tensión?



A continuación, calcula la ganancia de tensión en lazo cerrado y el valor de la tensión en la salida si se aplican 20 mV en la entrada.

12. Marca como verdadera (V) o falsa (F) cada una de las siguientes afirmaciones:

- ☐ Una función OR únicamente produce un 0 en la salida cuando todas las entradas se encuentran a 1.
- ☐ Una puerta NAND produce un 0 en la salida cuando todas las entradas se encuentran a 1.
- ☐ Un multiplexor conmuta un número de entradas determinado en una única salida.

Propuestas de proyectos para el aula taller

La tecnología es una disciplina que permite analizar y resolver numerosos problemas prácticos a los que se enfrentan los seres humanos y satisfacer algunas de sus necesidades. En este apartado aparecen una serie de propuestas didácticas que tienen como objetivo el diseño y la construcción de diferentes objetos tecnológicos que deberán dar respuesta a una necesidad planteada. Estas propuestas de trabajo ponen en práctica los contenidos desarrollados en las diversas unidades didácticas.

En la fase de diseño deberá realizarse un **anteproyecto,** documento técnico en el que se recogerán los planos y la planificación necesarios para construir el objeto. Por otro lado, a la conclusión del proceso se redactará un **informe** o **memoria final** que permita explicar de forma gráfica y escrita el procedimiento llevado a cabo. Ambos documentos pueden elaborarse con medios informáticos.

Para la puesta en práctica de estas propuestas, es *muy conveniente seguir el denominado* **método de resolución técnica de problemas** o **método de proyectos,** que consta de las siguientes fases:

- *Fase tecnológica:*
  - Planteamiento del problema.
  - Análisis de ideas.
  - Diseño.
  - Planificación.
- Fase técnica:
  - Construcción.
  - Comprobación.
  - Evaluación.

Propuesta de trabajo	Características más relevantes	Objetivos específicos
Lámpara de mesita de noche para bebé	■ El circuito eléctrico se compone de una lámpara incandescente de 20 W/230 V (como las que se utilizan en el interior de un frigorífico) o similar, un interruptor y un enchufe para su conexión a la red de CA. ■ Dispondrá de una pantalla exterior de papel parafinado, de seda o vegetal, sobre la que se proyectarán las imágenes diseñadas. ■ Tendrá también una pantalla interior de plástico transparente o translúcido sobre la que se dibujarán las figuras que se van a proyectar. ■ Una turbina situada en la parte superior y unida a la pantalla hará que esta gire cuando la lámpara esté encendida y caliente el aire, que circulará de abajo arriba.	■ Distinguir los diferentes tipos de corriente eléctrica y los generadores que la suministran. ■ Identificar los elementos de un circuito eléctrico y la función que desempeña cada uno. ■ Conocer e interpretar los símbolos que se utilizan para representar gráficamente los circuitos eléctricos de uso más frecuente. ■ Conocer los distintos tipos de energía en los que se puede transformar la electricidad. ■ Utilizar los circuitos e instalaciones eléctricos de forma segura y eficaz y conocer los riesgos derivados del uso de la electricidad.
Juego de preguntas y respuestas	■ Cuando se elija la respuesta correcta, se cerrará el circuito eléctrico, lo que hará que suene un zumbador o se encienda una lámpara o ambas cosas a la vez. ■ Las preguntas y respuestas pueden pertenecer a cualquier asignatura, disciplina o afición de los alumnos (geografía, idiomas, arte, música, ciencia, literatura, deportes…). ■ Se montará un interruptor que permita la desconexión de la alimentación. ■ Como fuente de alimentación, se instalará una pila de petaca (en realidad, se trata de una batería) en el interior del armazón o caja.	
Diseño y construcción de un relé (que controle dos circuitos eléctricos)	■ Se trata de la construcción de un electroimán que funcione con una batería de 12 V (circuito de maniobra) y que accione un conmutador que a su vez permita la apertura y el cierre de dos circuitos. ■ En uno de los circuitos ha de situarse una lámpara conectada a una fuente de CA de 230 V y en el otro un motor o zumbador de CC alimentados con 4,5 V. Estos receptores no deberán funcionar de forma simultánea. ■ Todos los elementos de control que se incluyan (pulsador en el circuito de maniobra y conmutador en el de potencia) deberán construirse en el taller.	■ Observar y analizar los distintos tipos de imanes que existen. ■ Experimentar con la corriente eléctrica como energía generadora de un campo magnético. ■ Analizar y comprender los principios básicos del magnetismo y del electromagnetismo. ■ Observar los fenómenos de atracción y repulsión entre imanes y entre estos y los materiales ferromagnéticos. ■ Distinguir entre materiales paramagnéticos y amagnéticos. ■ Estudiar de forma empírica (aplicación del método científico inductivo) la generación de energía eléctrica o de movimiento en un conductor que se encuentra dentro de un campo magnético. ■ Analizar las diferentes partes de un motor eléctrico y la función que desempeñan en el conjunto de la máquina. ■ Observar las diferencias constructivas entre los motores de CC y de CA. ■ Reconocer la importancia que tienen los motores y generadores eléctricos en el desarrollo tecnológico actual.
Motor de corriente continua	■ Se ha de construir un soporte para el inductor (formado por dos imanes artificiales permanentes), en cuyo interior girará la bobina del inducido (rotor), y un colector de dos o tres delgas, según el modelo de motor elegido, que permitan la entrada de corriente en la bobina del inducido y el mantenimiento del sentido de giro. ■ La máquina podrá incorporar una polea que haga posible su utilización como dinamo. (**Nota.** Esta propuesta de trabajo se desarrolla con mayor detalle en las dos páginas siguientes.)	
Vehículo de motor (dotado de inversión del sentido de la marcha y de control de dirección)	■ Se trata del diseño y construcción de un vehículo (triciclo o automóvil) que incorpore la tracción en el eje trasero, al que se transmitirá el movimiento procedente de un motor de CC a través de un mecanismo reductor de velocidad. ■ Deberá incorporar un sistema de dirección delantera de tipo manual, accionada mediante volante o manillar. ■ El sentido de desplazamiento se controlará mediante una llave de cruce o un conmutador bipolar. ■ Si se construye un automóvil, se podrá incluir un motor dotado de un piñón (sistema piñón-cremallera) o una leva para el accionamiento de la dirección delantera.	■ Incorporar movimiento a los objetos tecnológicos mediante motores de corriente continua. ■ Observar los efectos que produce un mecanismo reductor de velocidad. ■ Analizar los diferentes sistemas de dirección que incorporan los vehículos reales (bicicletas, triciclos, coches…). ■ Analizar el funcionamiento de algunos circuitos que permiten controlar el giro de un motor.
Programador electromecánico (para el control de un anuncio luminoso o de un semáforo)	■ Hay que diseñar y construir un programador cíclico (de levas, de excéntricas, de cinta perforada o de tambor) que permita obtener una secuencia de iluminación o de sonido determinada. ■ A partir de mecanismos como levas, excéntricas o sistemas de biela-manivela, que convierten un movimiento giratorio en uno rectilíneo alternativo, se produce el accionamiento de una serie de pulsadores que abren y cierran un circuito eléctrico con lámparas o zumbadores. ■ Los programadores de tambor metálico incluyen sistemas de pistas aisladas o bien una cinta aislante sobre la que se practican ciertas perforaciones; ambos sistemas disponen de una serie de elementos metálicos elásticos en contacto permanente con la cinta o el tambor.	■ Estudiar la función de los diversos elementos de control que se utilizan en los circuitos e instalaciones eléctricos. ■ Observar las características de la asociación en paralelo de los receptores eléctricos. ■ Iniciar a los alumnos en el concepto de programación de una máquina o sistema.

Vista general	Detalles	

Construcción de un motor de CC

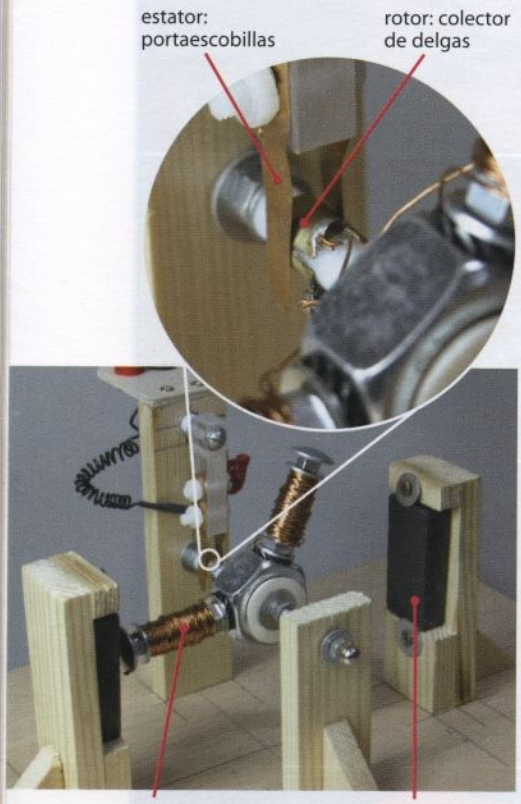
A continuación, se desarrolla una de las propuestas de trabajo planteadas en las páginas precedentes. El problema técnico que hay que abordar consiste en analizar y construir un **motor eléctrico de CC.** Este permitirá:

- Transformar la electricidad en energía mecánica y transmitir movimiento a un eje de giro.
- Analizar y comprender la interacción que se produce entre un campo magnético y una corriente eléctrica.

El motor tiene que cumplir las siguientes **especificaciones:**

- Ha de ser capaz de girar al conectarlo a una batería de 4,5 V.
- Debe disponer de dos sentidos de giro, en función de cómo se conecte a los bornes de la batería.
- Podrá incorporar una polea en su eje de giro para facilitar su uso como dinamo, aprovechando la reversibilidad de esta máquina eléctrica.

Para construirlo, es preciso reunir, como mínimo, los **materiales** y **operadores** básicos que aparecen en la tabla siguiente:



Parte del motor	Elemento	Materiales
Rotor	Núcleo.	■ Tuerca y pernos roscados de acero o plancha de acero. ■ Casquillo para sujeción y centrado del eje de giro. ■ Cinta aislante.
	Bobina.	■ Hilo de cobre esmaltado.
	Eje.	■ Varilla roscada o varilla calibrada de acero.
	Colector de delgas.	■ Plaquitas de cobre o latón (tres en el motor del ejemplo). ■ Casquillo de plástico.
	Varios.	■ Tuercas, arandelas. ■ Casquillos y otros elementos de fijación.
Estator	Inductor.	■ Dos imanes permanentes.
	Portaescobillas.	■ Listón de madera o de plástico. ■ Tornillos y tuercas de nailon. ■ Cables.
	Escobillas.	■ Plancha de cobre o bronce.
	Base y soportes.	■ Plancha de contrachapado. ■ Listones de madera. ■ Escuadras, tornillos, tuercas, arandelas…

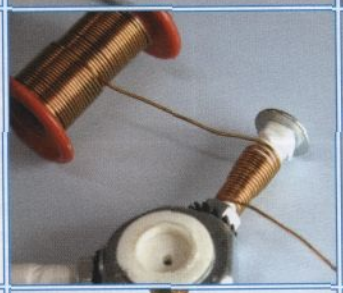
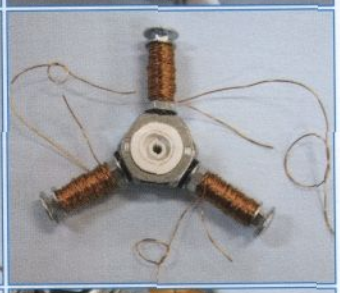
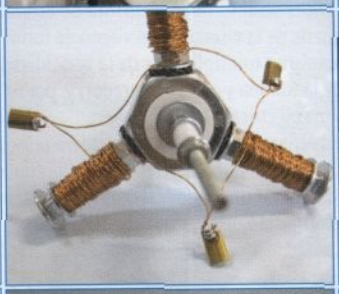
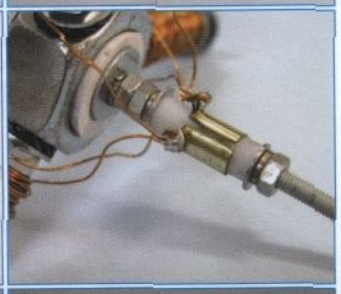
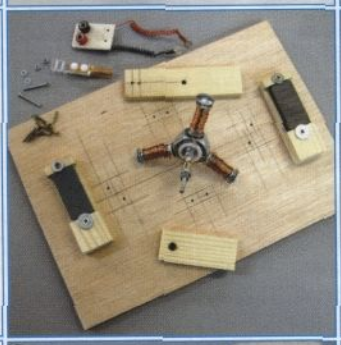
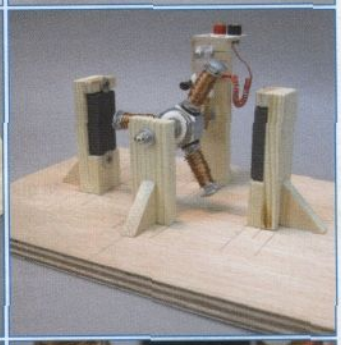
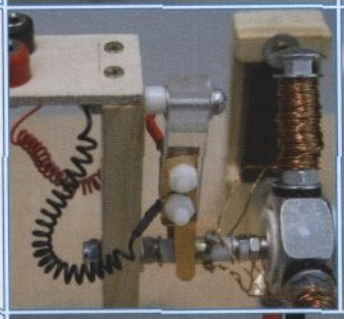
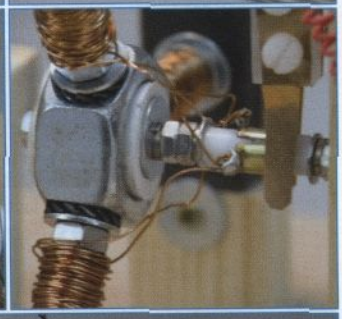
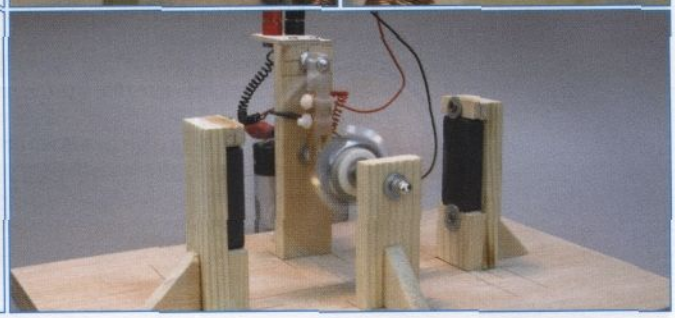
Las **herramientas** y **máquinas** que utilizaremos serán las siguientes:

- Instrumentos de medida y de trazado: regla y escuadra, lápiz…
- Destornilladores, alicates, limas, barrena, llaves fijas, sierra de ingletar, tijeras, machos de roscar, soldador de estaño, papel de lija…
- Máquina taladradora y polímetro digital.

Piezas que componen el motor.

Antes de iniciar el proceso de construcción del motor, conviene repasar las piezas que serán necesarias para su montaje. Intenta identificar los componentes del motor sueltos de la fotografía del margen y relaciónalos con los elementos de la tabla.

Una vez identificados los elementos que formarán parte del motor, se debe elaborar una **hoja de proceso de trabajo,** que ayudará a planificar las tareas que se han de realizar. En la página siguiente se detallan los pasos más significativos en la construcción del motor de CC.

Elemento	Tareas que se deben realizar	Imágenes
Núcleo (rotor)	■ Se traza el centro de tres caras alternas de una tuerca hexagonal (M20 o superior) con el gramil. ■ Se marcan con el granete estos puntos y se taladran con una broca de 5 mm o 6,8 mm de diámetro, según se utilicen tornillos de M6 o de M8, respectivamente, para los brazos del núcleo. ■ Se roscan posteriormente dichos orificios con el macho de roscar correspondiente (M6 o M8). ■ Se roscan los brazos en la tuerca y se fijan mediante una arandela (dentada) y una tuerca. ■ Se envuelve cada brazo con cinta aislante. ■ Se inserta una pieza de material aislante en el orificio de la tuerca y se perfora para situar el eje.	
Bobinado del inducido (rotor)	■ Dejando libres 7 cm u 8 cm de hilo de cobre esmaltado, comenzaremos a bobinar cada uno de los brazos del núcleo. Se cuenta el número de espiras o vueltas aplicadas a cada brazo, enrollando el hilo siempre en el mismo sentido. Se deben evitar cruces y cambios de dirección en la disposición de las espiras. ■ Al acabar de bobinar, han de marcarse claramente los extremos de inicio y final de cada una de las tres bobinas formadas. ■ Es conveniente aplicar un voltaje en los extremos de dichas bobinas para comprobar su comportamiento como electroimanes.	 
Colector de delgas (rotor)	■ Se sitúa como eje una varilla roscada de M4 y se fija al núcleo mediante arandelas de presión y tuercas de M4. ■ Se fija un casquillo de plástico de 2 cm de longitud al eje, siguiendo el mismo procedimiento. ■ Se lijan los extremos de las tres bobinas y se sueldan a una delga el extremo final de una bobina con el de arranque o inicio de la bobina situada en el brazo contiguo. ■ *Las tres delgas se pegan sobre el casquillo de plástico utilizando* pegamento de contacto o similar y dejando una pequeña separación entre ellas.	 
Base y soportes (estator)	■ Se marcan y cortan los listones de 3 cm × 1 cm para la fijación de los imanes permanentes (inductor). ■ Se preparan las escuadras de refuerzo. ■ Se marcan y cortan los listones para el soporte del rotor. Se realizan las perforaciones en ambos soportes para poder introducir el eje. ■ Se miden todos los elementos y soportes y se marcan en la base los lugares en los que se instalarán. ■ Se procede al montaje de los mismos, mediante tornillos de rosca madera (tirafondos), en los lugares prefijados y previamente taladrados. ■ Se fijan los imanes, con polos distintos enfrentados, en los soportes correspondientes.	 
Escobillas (estator)	■ Se prepara el listón de madera o plástico que servirá para fijar las escobillas (portaescobillas), marcándolo y taladrándolo. ■ Se cortan dos plaquitas de cobre o bronce (escobillas) y se realizan dos orificios en las mismas para fijarlas al portaescobillas y permitir su unión con los cables mediante dos tornillos de nailon y conectores tipo *spade* o en «*U*». ■ Se corta una placa de contrachapado y se perforan dos orificios para instalar sendos conectores hembras tipo «banana». ■ Se colocan los dos cables: un extremo en la escobilla y el otro en el conector hembra correspondiente. ■ Se sueldan los cables a los conectores «banana».	 
Ajustes finales	■ Para que el motor empiece a girar, quizá sea necesario dar un pequeño «empujón» al rotor. ■ El sentido de rotación vendrá determinado por la polaridad aplicada a los bornes de entrada. ■ Se hace girar ligeramente el portaescobillas sobre su tornillo de fijación hasta que las escobillas mantengan un contacto adecuado con el colector. ■ *El correcto sentido de arrollamiento de la bobina del inducido,* la polaridad enfrentada de los imanes y la adecuada presión de las escobillas sobre el colector son factores decisivos en el correcto funcionamiento del motor.	

Propuesta de trabajo	Características más relevantes	Objetivos específicos
Instalación solar fotovoltaica	■ Utilizando varias células fotovoltaicas conectadas en serie y exponiéndolas a la luz directa del sol, se puede llegar a alcanzar un voltaje suficiente para alimentar un pequeño receptor, como una bombilla o un motor; también puede emplearse un polímetro para comprobar la fem generada y el paso de la corriente. ■ Sobre una plancha de madera, se extiende el mayor número posible de células y se conectan en serie o en paralelo (según las necesidades de voltaje o de suministro de corriente). La plataforma puede ser regulable. ■ Cada una de las células de las fotografías genera una tensión aproximada de 0,5 V en un día soleado; en el ejemplo se han utilizado 24 unidades (en total, 12 V). ■ Si la instalación va a disponer de varios paneles, conviene situar un diodo en serie entre cada dos paneles consecutivos a fin de evitar corrientes circulatorias entre ellos si se conectan en oposición.	■ Conocer las diferencias que existen entre los recursos renovables y los no renovables. ■ Conocer distintas formas de obtener energía eléctrica a partir de recursos renovables. ■ Identificar los elementos básicos que participan en el proceso de transformación de la energía y conocer la función que desempeña cada uno. ■ Comparar las repercusiones que tiene sobre el medio ambiente la generación de energía eléctrica en centrales convencionales y no convencionales. ■ Estudiar el rendimiento de un sistema de conversión de energía e identificar los factores que contribuyen a mejorar dicho rendimiento. ■ Analizar las posibles aplicaciones de las energías renovables en los sectores doméstico e industrial y valorar sus posibilidades de futuro y el papel que pueden desempeñar frente a las energías convencionales. ■ Descubrir la importancia del diseño de los álabes en una turbina eólica o hidráulica para mejorar el rendimiento de un aerogenerador o de una central hidráulica. ■ Conocer los diferentes modelos de turbinas y su aplicación práctica. ■ Descubrir las semejanzas existentes entre un circuito hidráulico y uno eléctrico, analizar sus elementos y comparar la función que cumplen estos en ambos circuitos. ■ Comprender la importancia de la energía solar y conocer sus múltiples transformaciones y aplicaciones. ■ Valorar la importancia del agua como recurso y conocer sus aplicaciones, no solo como elemento para el consumo y el riego, sino también como fuente de energía. ■ Analizar los sistemas de almacenamiento y regulación del cauce de los ríos. ■ Valorar la importancia que ha tenido en el desarrollo de la humanidad el aprovechamiento de la energía eólica en máquinas, artefactos, sistemas y elementos de navegación.
Aerogenerador	■ Un motor de CC como los que se utilizan en el aula taller para realizar cualquier proyecto puede servir como generador de CC o dinamo, dado el carácter reversible de esta máquina rotativa. ■ El aerogenerador debe disponer, al menos, de una **estructura** de sustentación lo suficientemente estable, una **turbina** eólica lo más eficaz posible, un **mecanismo de orientación** que permita la búsqueda de la dirección del viento de forma autónoma, un **mecanismo multiplicador** de la velocidad (situado entre el eje de la turbina y el del generador) y, por último, un **generador** de energía eléctrica. ■ El rendimiento de la máquina dependerá principalmente del diseño de las aspas de la turbina y del sistema multiplicador. ■ Se puede utilizar un diodo LED o un receptor similar para constatar la transformación de energía producida.	
Microcentral hidráulica de bombeo	■ Una dinamo o un pequeño alternador de bicicleta pueden servir para producir electricidad en una microcentral hidráulica de bombeo. ■ Se pueden serrar pelotas de ping-pong para utilizar las semiesferas resultantes en la construcción de una pequeña turbina tipo *Turgo,* que es similar a una turbina *Pelton,* de la que, no obstante, se diferencia en que en esta el agua no incide frontalmente en la cazoleta, sino lateralmente en el rodete, con una inclinación de entre 10° y 20°. ■ Se coloca un depósito sobre una plataforma regulable (para poder variar la altura del salto) y se proyecta el agua desde aquel sobre los álabes de la turbina a través de una manguera con una válvula de regulación. ■ Se utilizará una bomba situada en el depósito inferior para permitir el ascenso del agua hasta el depósito superior, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. ■ Se puede colocar un mecanismo multiplicador de la velocidad entre el eje de la turbina y el del generador eléctrico.	
Instalación eléctrica de la vivienda	■ Utilizando material convencional como el que se emplea en las instalaciones domésticas, se puede diseñar y simular —sobre una plancha de madera— la instalación eléctrica de dos habitaciones representativas de una vivienda. ■ Primero se reproducen a escala las dos habitaciones, mediante la simbología correspondiente, incluyendo tanto los elementos arquitectónicos como los eléctricos. ■ Se instalan las canalizaciones, las cajas y los mecanismos necesarios, se realizan las conexiones entre ellos y se comprueba la ausencia de cortocircuitos. ■ El panel construido se debe conectar a la red de 230 V a través de un cuadro de protección montado al efecto. ■ Resulta conveniente instalar diversos tipos de luminarias para observar las diferencias existentes entre ellas. (**Nota.** Esta propuesta de trabajo se desarrolla con mayor detalle en las dos páginas siguientes.)	■ Analizar y reconocer las instalaciones que nos proporcionan bienestar y comodidad en las viviendas. ■ Conocer e interpretar la simbología propia de los planos de construcción. ■ Identificar los elementos que intervienen en el trazado de la instalación eléctrica de una vivienda. ■ Descubrir el funcionamiento de los circuitos y montajes eléctricos de baja tensión (230 V) que utilizamos a diario. ■ Conocer los riesgos de la electricidad y los sistemas de protección empleados para evitarlos. ■ Analizar el consumo de energía eléctrica y los factores que intervienen en el mismo. ■ Conocer los distintos tipos de alumbrado. ■ Valorar los efectos positivos y negativos que supone la dependencia de la energía eléctrica en los países industrializados.

Vista general	Detalles	

Ejemplo de instalación eléctrica

El problema técnico que hay que abordar en la propuesta de trabajo seleccionada consiste en analizar, diseñar y construir una parte de la **instalación eléctrica de una vivienda.** Con este fin, se deberá representar a escala sobre un tablero de madera un plano de dos habitaciones de una vivienda, que deben tener las siguientes características:

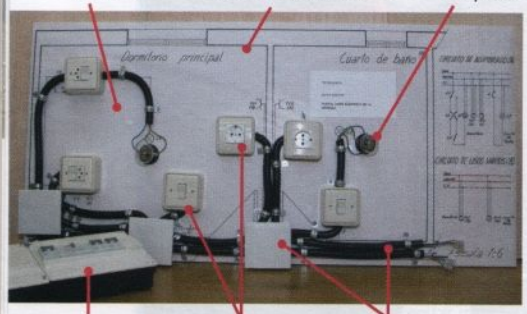
- **Habitación principal.** El control de la lámpara del techo será conmutado desde al menos dos puntos distintos de la estancia. Se instalarán una o dos tomas de corriente para alumbrado (C1) y una o dos tomas de corriente para usos generales (C2).
- **Habitación auxiliar.** El control de la lámpara del techo se realizará desde un punto de la estancia. Dispondrá al menos de una toma de corriente para usos generales (C2).

El proyecto tiene que cumplir las siguientes **especificaciones:**

- La instalación eléctrica se realizará utilizando canalizaciones, cables, mecanismos y luminarias de uso comercial, y se conectará a la red de CA de 230 V a través de un cuadro de mando y protección.
- El trazado de la instalación sobre el plano debe ser claro y facilitar la realización de las medidas eléctricas necesarias, su mantenimiento y su reparación.

Para construir la instalación, es preciso reunir, como mínimo, los **materiales** y operadores básicos que aparecen en la siguiente tabla:

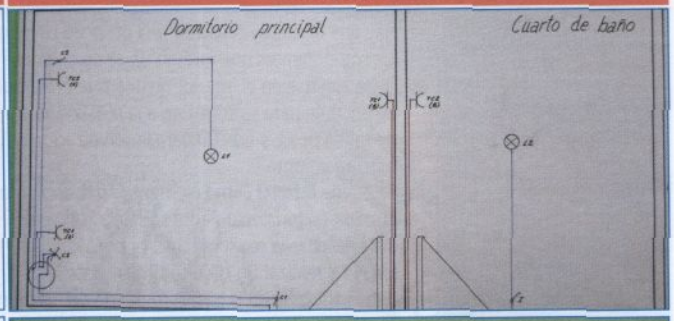
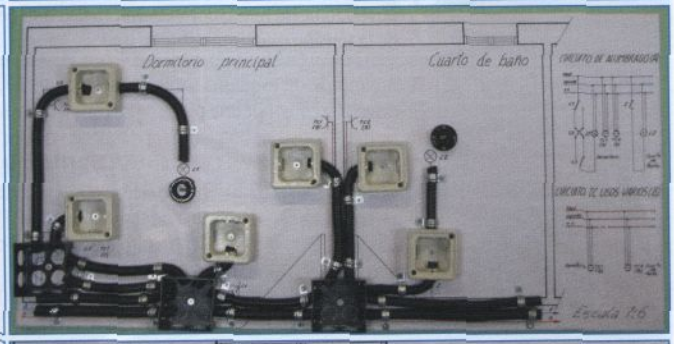
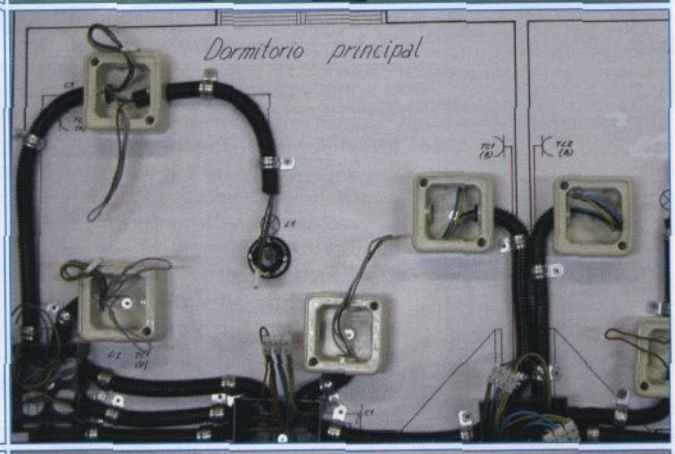
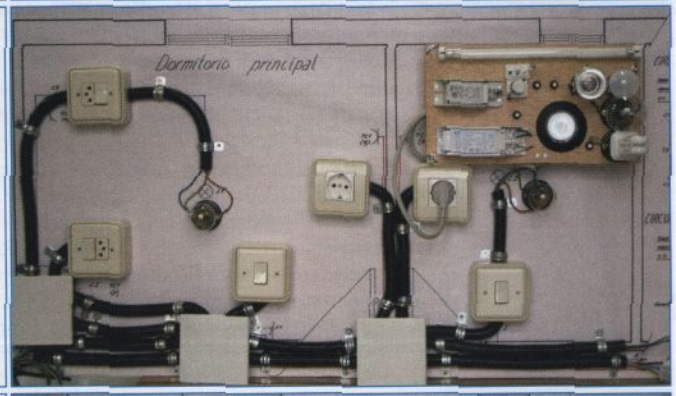
Parte del proyecto	Elemento	Materiales
Plano a escala	Base.	■ Placa de madera de al menos 120 cm × 60 cm con un espesor mínimo de 10 mm.
	Representación gráfica.	■ Papel *kraft* blanco o de colores claros. ■ Cinta adhesiva y rotuladores permanentes.
Instalación eléctrica	Elementos de conexionado.	■ Cajas de derivación y de mecanismos. ■ Tubos protectores flexibles de 16 mm y 20 mm de diámetro y cables de 1,5 mm^2 y 2,5 mm^2 de sección. ■ Grapas metálicas, fijaciones y regletas de conexionado. ■ Portalámparas y portatubos. ■ Tapas y placas para los mecanismos.
	Mecanismos.	■ Elementos de control: pulsadores, interruptores y conmutadores. ■ Bases de enchufe.
	Lámparas.	■ Incandescentes, halógenas, tubos fluorescentes…
	Elementos de protección.	■ Interruptores automáticos magnetotérmicos, diferenciales, PIA. ■ Cables de protección (TT).



Se emplearán las siguientes **herramientas** y **máquinas:**

- Instrumentos de medida y de trazado: metro, regla y escuadra metálica, lápiz, rotuladores con puntas de trazado de varios grosores…
- Destornilladores, alicates, barrena, pelahílos, guía pasacables…
- Máquina taladradora, caladora y polímetro digital.

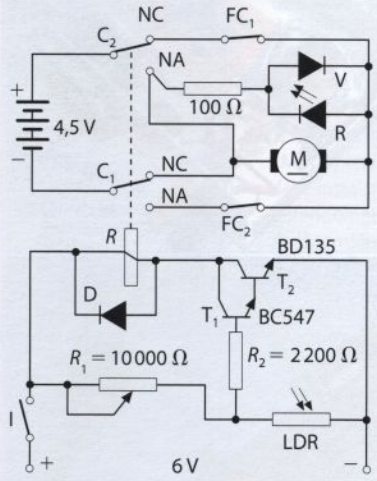
Una vez realizado el **anteproyecto,** se debe elaborar una **hoja de proceso de trabajo** que ayude a planificar las tareas. En la página siguiente se detallan los pasos más significativos en la construcción de la instalación propuesta.

Fase	Tareas que se deben realizar	Imágenes
Plano a escala de dos habitaciones	■ En una hoja de formato DIN A-3 se dibuja un plano a escala (1:50 o 1:100) de una vivienda que incluya los distintos elementos eléctricos que se encuentran en cada dependencia, *utilizando los símbolos normalizados correspondientes.* ■ Se forra la placa de madera con papel blanco. ■ Se seleccionan dos habitaciones que reúnan las características expuestas en la propuesta y se dibujan a escala sobre el papel con el que hemos forrado el tablero de madera, utilizando rotuladores permanentes de diferentes grosores. ■ Se representa sobre dicho plano el esquema unifilar de la instalación eléctrica que se va a realizar.	
Canalizaciones y cajas de conexionado	■ Se fijan al panel las cajas de derivación necesarias, utilizando *tornillos de rosca madera y arandelas.* ■ Se fijan los tubos flexibles mediante grapas metálicas y tornillos tirafondos, siguiendo el trazado representado. ■ Se sitúan las cajas de los mecanismos y se fijan mediante tornillos de rosca madera y arandelas. ■ *Debe tenerse en cuenta el número de elementos que se van* a alojar en cada caja, a fin de seleccionar la más adecuada. ■ Se pasan las dos líneas derivadas (C1 y C2) con la ayuda de una guía pasacables (si es necesario). ■ Conviene representar, al margen o en un plano anexo, el esquema funcional de la instalación.	
Conexionado de los elementos	■ Se derivan líneas desde los dos circuitos interiores hasta los mecanismos y tomas de corriente: primero se pasan los cables de fase desde las cajas de derivación hasta las cajas *de mecanismos (interruptores y conmutadores), y después* se pasan los cables de fase, neutro y tierra hasta las tomas de corriente. ■ Se conectan los conmutadores entre sí, utilizando cables de fase de color diferente al empleado anteriormente para poder diferenciarlos. El cable de salida del último mecanismo, del mismo color que el primer cable de fase, se une a uno de los terminales de la lámpara que se desea controlar. ■ Se pasan los cables de neutro y protección desde la caja de derivación correspondiente (circuito C1) hasta los distintos puntos de luz, sin cortarlos en ningún elemento de control. ■ Se conectan los cables de las tomas de corriente (bases de enchufe) con la línea interior correspondiente (circuito C2).	
Instalación de luminarias y comprobaciones	■ Antes de instalar cualquier receptor, conviene comprobar mediante el polímetro la continuidad de los diferentes circuitos y la ausencia de cortocircuitos. ■ Se realizan los esquemas que permiten el arranque de los tubos fluorescentes, lámparas halógenas, etc., y se unen a los puntos de conexión previstos. En nuestro ejemplo se ha construido un panel demostrativo de distintas luminarias y se ha conectado a una toma de corriente de usos generales. ■ Se instalan las luminarias incandescentes en los portalámparas correspondientes. ■ Se montan los fusibles en las bases portafusibles de las tomas de corriente. ■ Se cierran las cajas de derivación y se colocan las placas de cierre en las cajas de mecanismos.	
CMP y conexión a la red	■ Resulta conveniente construir un cuadro de mando y protección compuesto, al menos, por un IGA (25 A, 2 p), un ID (40 A, 30 mA, 2 p), un PIA (10 A, 2 p) para el circuito de alumbrado (C1), un PIA (16 A, 2 p) para el circuito de usos generales (C2) y una regleta de toma de tierra. ■ Se conectan las dos líneas derivadas instaladas (C1 y C2) con las salidas previstas para ambas líneas en el cuadro de mando y protección. ■ Se arman los dispositivos de protección y se comprueba que los circuitos de alumbrado y las distintas tomas de corriente funcionan correctamente y cumplen con las especificaciones iniciales. ■ Se realizan medidas de *V, I* y *P* en los distintos receptores.	

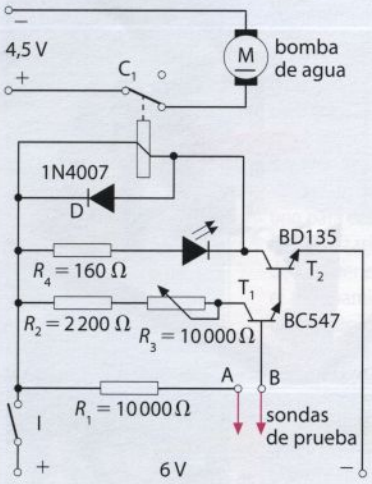
Propuesta de trabajo	Características más relevantes	Objetivos específicos
Fuente de alimentación estabilizada	■ Hay que diseñar y construir una placa de circuito impreso donde situar los componentes que forman parte de la fuente de alimentación. ■ Debe alojarse en el interior de una caja protectora e incluir una clavija de enchufe para su conexión a la red, un interruptor general, bornes de salida de CC y un LED para la señalización del estado de funcionamiento. ■ Se puede instalar como elemento auxiliar un amperímetro cuya entrada en funcionamiento se selecciona a través de un conmutador. ■ Si se desea que sea regulable, es preciso utilizar el regulador integrado LM317 y realizar un circuito similar al de la página 67. En este caso, debe instalarse en la parte frontal de la caja el mando del potenciómetro regulador y un voltímetro que permita conocer el valor de la tensión que suministra.	■ Analizar la tipología y las características funcionales de los circuitos de rectificación. ■ Seleccionar componentes electrónicos a partir de las necesidades de un circuito determinado. Utilizar hojas de especificaciones técnicas e identificar los terminales en su encapsulado. ■ Conocer el papel que desempeña cada una de las etapas de una fuente de alimentación. ■ Iniciarse en los procesos de elaboración de placas de circuito impreso, en las técnicas de soldadura blanda de componentes y en las técnicas para el diagnóstico de averías.
Regulador de intensidad luminosa (dimmer)	■ A partir de un esquema similar al de la página 73 (triac), hay que diseñar y construir una placa de circuito impreso. ■ Se debe construir una lámpara de mesita de noche, con materiales de uso habitual en el taller: listones y perfiles de madera, papel vegetal o parafinado, un portalámparas y una lámpara ($P \geqslant 40$ W). ■ Se ha de construir una caja de tamaño reducido y diseño ergonómico para contener la placa del circuito electrónico y cuya carcasa exterior permita instalar el mando del potenciómetro. ■ El circuito dispondrá de una entrada de CA a 230 V y de una salida para la conexión de la lámpara. ■ Si se utiliza un triac BT136, la potencia del receptor estará comprendida entre 40 W y 500 W.	■ Analizar la tipología y las características funcionales de los tiristores. ■ Interpretar los parámetros que aparecen en las hojas técnicas de los fabricantes. ■ Aplicar los tiristores a circuitos de potencia que puedan ser utilizados en el ámbito doméstico o en el aula taller. ■ Iniciarse en el control de potencia de distintos receptores, tanto en CC como en CA. ■ Valorar la importancia que tienen los tiristores como sustitutos de relés y contactores en los circuitos de potencia. ■ Analizar las ventajas de la rectificación controlada.
Control de una barrera (con diferentes niveles de tratamiento didáctico)	■ El ascenso y descenso de la barrera se producirá con la inversión de giro del motor de CC. Se plantean diversos niveles de resolución: para **primer curso,** la inversión de polaridad puede controlarse mediante un conmutador de cruzamiento; en **segundo,** a través de un conmutador bipolar de tres posiciones; en **tercero,** utilizando un relé de cuatro contactos (dos para la inversión de giro, uno para contacto de enclavamiento y el último para el LED de señalización) y dos conmutadores tipo final de carrera con objeto de detener el movimiento en los finales de recorrido; en **cuarto curso,** el accionamiento de la barrera puede automatizarse mediante un circuito electrónico igual o similar al incluido en la página 71. ■ Este planteamiento didáctico puede aplicarse a la resolución de otros problemas técnicos de similares características.	■ Valorar la importancia que tiene la automatización de procesos y sistemas. ■ Observar cómo un mismo problema técnico admite diversas soluciones para controlar el funcionamiento del proyecto. ■ Mostrar la evolución de los circuitos de control que permiten automatizar máquinas, sistemas y procesos, reduciendo el esfuerzo y el tiempo necesarios para la realización de un trabajo. ■ Iniciar el estudio de la lógica de estados para resolver una necesidad de automatización de un determinado dispositivo.
Control electrónico de diversos proyectos	■ Se trata de automatizar el funcionamiento de un proyecto que desarrolle contenidos tratados a lo largo del segundo ciclo. ■ El proyecto ha de disponer de una estructura, un motor de CC como elemento motriz, algún mecanismo de transmisión y transformación del movimiento y un sistema electrónico de control. ■ Funcionará automáticamente a partir de una señal luminosa, térmica, etcétera, dependiendo del parámetro seleccionado y, por tanto, del sensor instalado. Además, deberá detenerse al presionar la palanca de los conmutadores tipo final de carrera instalados. ■ Como ejemplos de proyectos se proponen los siguientes: puerta de garaje accionada mediante interruptor fotoeléctrico, cinta transportadora y seleccionadora de objetos, silla de ascenso/descenso para personas discapacitadas, invernadero, etcétera.	■ Conocer las características funcionales de los componentes que incorpora un sistema electrónico e interpretar sus parámetros. ■ Iniciar el estudio e interpretación de circuitos electrónicos básicos de control. Interpretar su simbología y topología. ■ Aprender a consultar las hojas de especificaciones técnicas de los fabricantes de componentes electrónicos. ■ Conocer las técnicas que se utilizan para implementar un circuito electrónico sobre una placa de circuito impreso. ■ Familiarizarse con los métodos que se utilizan para el ataque del cobre sobrante en una placa de circuito impreso. ■ Aprender la técnica de soldadura de los componentes electrónicos sobre una placa de circuito impreso. ■ Conocer las normas de seguridad que se deben observar en el proceso de obtención de la placa de un circuito impreso y en la soldadura blanda. ■ Valorar la importancia que han alcanzado en la actualidad los sistemas electrónicos analógicos y digitales en el desarrollo de máquinas y dispositivos que facilitan la realización de todo tipo de tareas. ■ Comprender la importancia de la automatización electrónica de procesos.
Montacargas	■ Se trata de un sistema de elevación de mercancías automático que permita transportarlas desde la planta baja hasta la primera planta. ■ Una alternativa es un interruptor fotoeléctrico con LDR incorporada en el suelo de la cabina del montacargas. De esta forma, cuando se deposita una mercancía sobre el mismo, se activa la bobina de un relé, lo que hace que el motor de CC gire y provoque el ascenso de la cabina. Cuando esta llega a la planta primera, se detiene por la acción del final de carrera situado en dicha planta. Una vez que se retire la mercancía, la bobina del relé dejará de recibir corriente y la cabina descenderá hasta la posición del final de carrera situado en la planta baja, para esperar una nueva mercancía. Pueden utilizarse los circuitos de las páginas 71 o 76. Otra alternativa es el circuito combinacional que se expone en la página 79. ■ Se propone el diseño de un sistema mecánico que permita la apertura y cierre sincronizados de ambas puertas.	

Vista general	Detalles o proyectos alternativos	

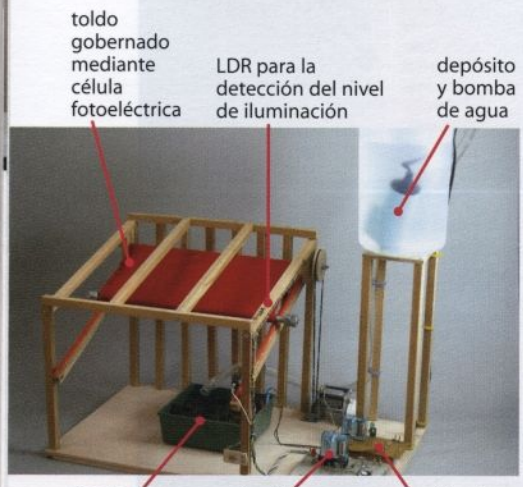
Control electrónico de un invernadero



Interruptor fotoeléctrico para el desplazamiento de un toldo.



Sensor de la humedad del terreno para el accionamiento de una bomba de riego.



Uno de los logros tecnológicos más importantes de la humanidad es haber construido objetos y sistemas que funcionan automáticamente, sin necesidad de intervención humana. El objetivo de estos avances ha sido reemplazar a los seres humanos en las tareas arriesgadas, monótonas o de extrema dureza.

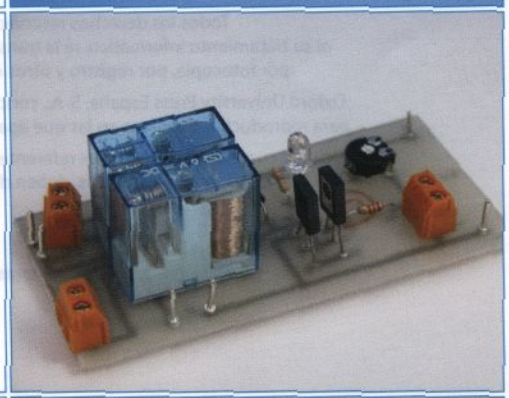
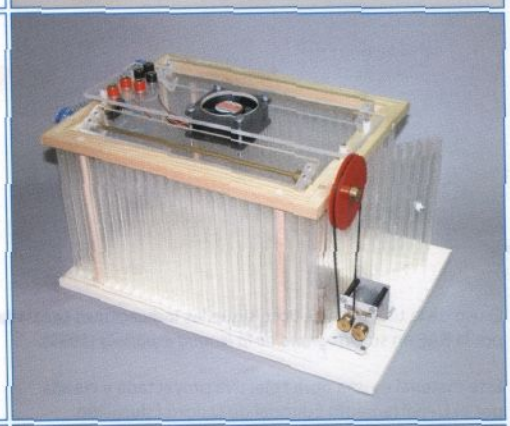
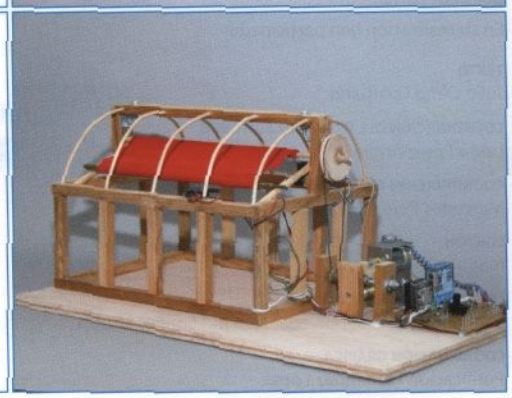
En la actualidad, el enorme desarrollo de la **microelectrónica** ha conducido a la generalización de los automatismos a todos los ámbitos de la existencia humana. Es frecuente el uso de robots y automatismos en la industria, en el desarrollo de satélites o en campos tan diversos como la aviación y la domótica.

A continuación, se desarrolla una de las propuestas de trabajo planteadas. El problema técnico que hay que abordar consiste en analizar, diseñar y construir un **invernadero** que incorpore uno o varios de los siguientes sistemas electrónicos:

- **Interruptor fotoeléctrico** que posibilite la bajada de un toldo durante las horas de máxima insolación, con objeto de evitar el deterioro de los cultivos.
- **Interruptor térmico** que produzca la entrada en funcionamiento de un sistema de ventilación forzada cuando la temperatura interior supere los límites preestablecidos.
- **Detector de la humedad del terreno** que active una bomba de riego cuando dicho parámetro se sitúe por debajo de un nivel determinado de antemano.

En la página siguiente se detallan los pasos más significativos en la construcción del proyecto propuesto. Es preciso reunir, como mínimo, los **materiales** y operadores que figuran en la tabla siguiente:

Parte del proyecto	Elemento	Materiales
Circuito electrónico de control	Placa de circuito impreso.	■ Placa de circuito impreso. ■ Rotuladores permanentes. ■ Soluciones químicas para el ataque del cobre sobrante. ■ Carrete de Sn-Pb para la soldadura. ■ Regletas y espadines para conexiones. ■ Cables y material de conexión diverso.
	Componentes eléctricos y electrónicos.	■ Resistencias fijas y variables, LDR, NTC, condensadores… ■ Diodos, LED, transistores y/o circuitos integrados, sensores térmicos… ■ Relés, interruptores, conmutadores, finales de carrera…
Invernadero	Estructura.	■ Madera contrachapada o placas de plástico para la base, los soportes y otros elementos estructurales. ■ Listones y varilla calibrada de madera o perfiles normalizados de plástico o aluminio. ■ Escuadras, varilla roscada, tornillos, pernos y otros elementos de unión.
	Motores.	■ Motor con reductora de velocidad. ■ Bomba de agua. ■ Ventilador dotado de motor eléctrico.
	Mecanismos.	■ Elementos de transmisión y transformación del movimiento. ■ Correas de transmisión, cadena…

Elemento y fase	Tareas que se deben realizar	Imágenes
Diseño, trazado y grabado de la placa de circuito impreso	■ Se diseña el circuito electrónico de control que se va a utilizar. ■ Se dibuja a lápiz el circuito, en papel milimetrado o similar. Debe tenerse en cuenta el tamaño de los componentes, su localización, el número, la distancia y la distribución de las patillas. ■ *Se realiza un dibujo de la vista de la placa por el lado de los componentes.* A continuación, se trazan las pistas que unen los terminales de los componentes entre sí. Conviene calcar el dibujo obtenido en un papel traslúcido o transparente, para trasladarlo luego a la placa del circuito impreso. ■ Existen dos técnicas para el marcado de pistas. La primera se sirve de rotuladores permanentes o tiras, zócalos y anillas adhesivas. En la segunda se utiliza una placa fotosensibilizada, sobre la que se sitúa el papel transparente, después de lo cual se introduce en una insoladora y, finalmente, en un baño de líquido revelador, hasta que se distinguen con claridad las pistas. ■ En el diseño de las pistas se deben tener en cuenta algunas normas básicas: han de ser lo más cortas posibles, hay que evitar ángulos de 90°, los puntos para soldadura deben tener un diámetro superior al doble del ancho de pista, los componentes se tienen que disponer paralelos a los bordes de la placa... ■ Para atacar el cobre no protegido por el trazado realizado, se puede recurrir a varios tipos de disoluciones: cloruro férrico diluido en agua, ácido clorhídrico diluido o una disolución de salfumán (una medida) y agua oxigenada de 110 volúmenes (cuatro medidas). Todo este proceso se debe desarrollar en un local muy ventilado. ■ Una vez grabada la placa, se sumerge en agua, se seca y, finalmente, se elimina la tinta, las tiras adhesivas o el esmalte protector con alcohol o con un estropajo. ■ Hay que comprobar la continuidad o el contacto entre pistas.	
Taladrado y soldadura	■ *Se taladran los puntos para la inserción de las patillas de los componentes.* Se recomiendan los siguientes diámetros de broca: 0,8 mm para las patillas de todos los componentes en general, 1 mm para insertar cable eléctrico o componentes con patillas anchas y 1,25 mm para patillas muy anchas. ■ Se insertan los componentes en los taladros previstos. Se debe procurar que queden *pegados a la placa o en posición vertical.* ■ Se sueldan las patillas en los puntos de soldadura previstos (por el lado de pistas), utilizando un soldador eléctrico y un fundente compuesto por una aleación de 60 % de estaño y 40 % de plomo. ■ Para conseguir una correcta soldadura, se recomienda mantener limpia la punta *del soldador, acercarla caliente a la unión formada por la patilla del componente* y la anilla de cobre de la placa, aportar posteriormente el fundente, retirarlo y un instante después apartar también la punta del soldador. La soldadura ha de realizarse rápidamente, sobre todo en componentes con semiconductores.	
Construcción de la maqueta	■ Se debe diseñar una estructura portante que permita incorporar las paredes y un techo traslúcidos. Hay que trazar todas las piezas y marcar los puntos de anclaje sobre la base. ■ Se construyen y fijan los soportes verticales y horizontales utilizando perfiles de madera, plástico o aluminio. Se monta el conjunto. ■ Hay que incorporar un techo abatible; por ejemplo, una bóveda corrediza mediante un sistema de piñón-cremallera, un sistema de lamas que permita la ventilación natural del recinto, un toldo que se desplace sobre un plano inclinado y que cubra la totalidad o una parte del recinto en las horas de máxima insolación y/o un sistema de ventilación forzada compuesto por ventiladores que se pongan en marcha cuando suba la temperatura interior. ■ Se debe instalar el motor, los mecanismos y los elementos de enlace (correas, cadenas, etc.) necesarios para producir los desplazamientos indicados. ■ Si se incluye un detector de humedad, hay que instalar un depósito de agua y la bomba necesaria para el riego del terreno.	
Incorporación del circuito electrónico *a la maqueta*	■ Los movimientos y efectos descritos se regulan mediante el circuito o circuitos electrónicos diseñados durante la fase inicial del proyecto. ■ Una vez construida la maqueta, se deben incorporar los interruptores, *los pulsadores y los conmutadores tipo final de carrera, así como el motor* y los sensores (LDR, NTC, sensor térmico, electrodos...) precisos. ■ Se instalan los cables necesarios para la conexión de dichos elementos con la placa del circuito electrónico construido. ■ Se comprueba que el funcionamiento del proyecto responde a las especificaciones *y requisitos iniciales.* ■ En caso de que se produzca la parada del motor con el final de carrera inadecuado, bastará con cambiar su posición en la placa del circuito impreso o invertir la ubicación de dichos dispositivos en la maqueta. ■ Por último, se fija el cableado sobre la base, se afirman otros elementos *estructurales y se llevan a cabo los ajustes finales.*	

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

Parque Empresarial San Fernando, Edificio Atenas
28830 San Fernando de Henares (Madrid)

Oxford University Press es un departamento de la Universidad de Oxford. Como parte integrante de esta institución, apoya y promueve en todo el mundo sus objetivos de excelencia y rigor en la investigación, la erudición y la educación, mediante su actividad editorial en:

Oxford Nueva York
Auckland Ciudad del Cabo Dar es Salam Hong Kong
Karachi Kuala Lumpur Madrid Melbourne México D.F. Nairobi
Nueva Delhi Shanghai Taipei Toronto

Con oficinas en
Argentina Austria Brasil Chile Corea del Sur Francia Grecia
Guatemala Hungría Italia Japón Polonia Portugal República Checa
Singapur Suiza Tailandia Turquía Ucrania Vietnam

Oxford y Oxford English son marcas registradas de Oxford University Press.
Oxford EDUCACIÓN es una marca registrada en España por Oxford University Press España, S. A.

Material didáctico para la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, segundo ciclo, para el área de Tecnología, elaborado según el proyecto editorial de Oxford Educación, que ha sido debidamente supervisado y autorizado.

Publicado en España por Oxford University Press España, S. A.

© De esta edición: Oxford University Press España, S. A., 2005
© Del texto: Oxford University Press España, S. A., 2005

Todos los derechos reservados. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Oxford University Press España, S. A., concede permiso a los profesores que empleen los materiales de Oxford EDUCACIÓN para reproducir las páginas en las que aparezca la indicación MATERIAL FOTOCOPIABLE © Oxford University Press España, S. A.

Las cuestiones y solicitudes referentes a la reproducción de cualquier elemento de este libro, fuera de los límites anteriormente expuestos, deben dirigirse al Departamento Editorial de Oxford University Press España, S. A.

ISBN: 84-673-1623-3
Depósito Legal: M-6537-2005
Impreso en España por Artes Gráficas Jomagar, S. L.
Polígono Industrial n.º 1, calle D, 16
28938 Móstoles (Madrid)

El uso de la tilde en este libro sigue las indicaciones señaladas por la RAE en su *Ortografía de la lengua española* (1999).

Este material es una obra colectiva proyectada y creada por el Departamento Editorial de Oxford Educación.

En su realización han participado:

TEXTO
Julio Olmo Escribano

COORDINACIÓN DEL PROYECTO EDITORIAL
Laura Pérez Arnáez

COORDINACIÓN EDITORIAL
Mercedes Pérez Delgado

EDICIÓN
Manuel Reyes Torres

CORRECCIÓN DE ESTILO
Santiago Díaz-H Sepúlveda, José M.ª Sotillos Martín

COORDINACIÓN GRÁFICA
Purificación Fernández López

DISEÑO DE CUBIERTAS E INTERIORES
Dolors Albareda
Pepe Freire

MAQUETACIÓN
Marina Pérez Martínez

ILUSTRACIÓN
Guillermo Díez Celaya, Grafitti, Alberto de Hoyos

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA
Belén Santiago Fondón, Ángel Somolinos Estévez

FOTOGRAFÍAS
AGE Fotostock, Firo-Foto, Iberdrola, Julio Olmo Escribano, Paisajes Españoles, y Archivo Oxford

PROYECTO
EXEDRA

Electricidad y electrónica

Tecnología

Julio Olmo Escribano

Secundaria

www.oup.com/es

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

ISBN 84-673-1623-3
9 788467 316230